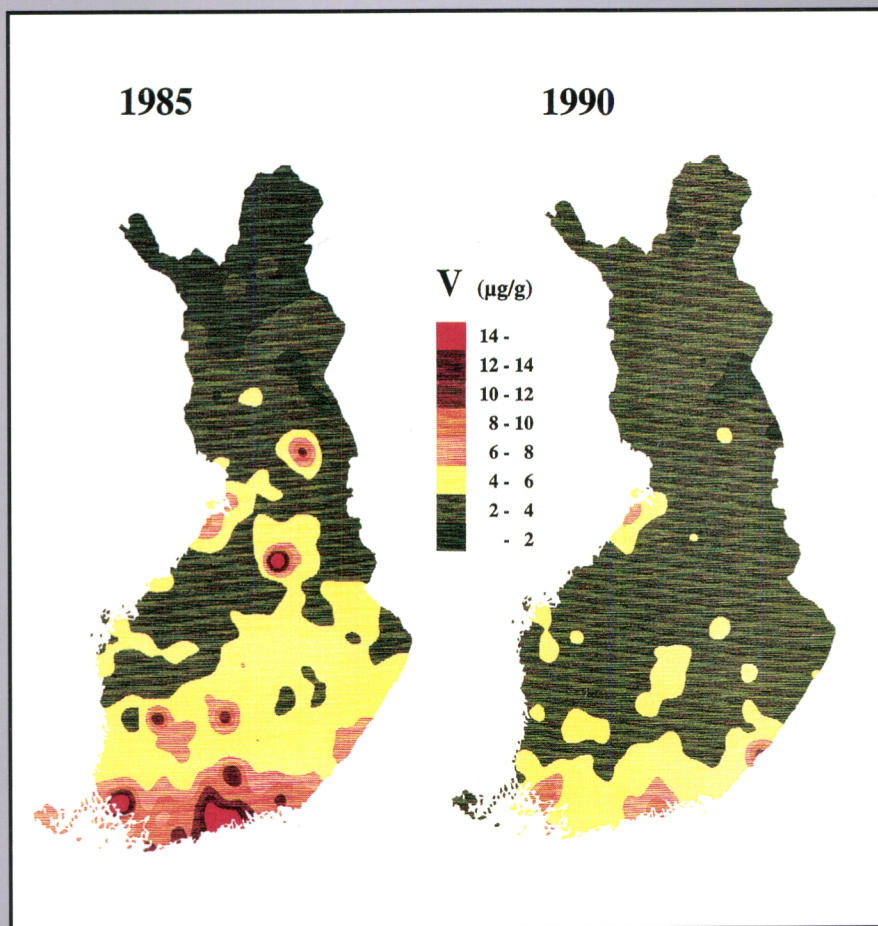


# Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993

Toimittaneet  
Mikko Moilanen, Irene Murtovaara,  
Merja Moilanen ja Tuula Väärä



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508  
Muhoksen tutkimusasema  
1994

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

Kansikuva: Sammalnäytteiden vanadiinipitoisuudet ( $\mu\text{g/g}$ ) vuosina 1985 ja 1990 raskasmetallitutkimuksen mukaan.



## Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993

Toimittaneet  
Mikko Moilanen, Irene Murtovaara,  
Merja Moilanen ja Tuula Väärä

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508  
1994



# SISÄLLYS

Harri Lippo ja Eero Kubin <b>Kuntakohtainen raskasmetallilaskeuma Oulun läänissä vuonna 1990</b> .....	1
Mikko Moilanen <b>Lännenpihtakuusen menestyminen Pohjois-Suomessa</b> .....	6
Pentti Niemistö <b>Harvennustapojen vertailu männikön ensiharvennuksessa</b> .....	9
Matti Oikarinen <b>Biologinen metsänparannus: teoreettinen perusta ja käytännön esimerkkejä</b> ....	13
Jarmo Poikolainen <b>Kostamuksesta Kainuuseen tuleva ilman epäpuhtauksien laskeuma</b> .....	21
Pentti Savilampi <b>Haavanvesakon ennalta torjuminen</b> .....	29
Jukka Valtanen <b>Sikermä metsänhoidollisia kokeita ja havaintoja</b> .....	33

Moilanen, Mikko, Murtovaara, Irene, Moilanen, Merja ja Väärä, Tuula (toim.). 1994. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 508. 46 s. ISBN 951-40-1374-3, ISSN 0358-4283.

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaa-  
rentie 7, FIN-91500 Muhos, puh. 981-533 1404.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema.

Hyväksyntä: Eero Kubin, vs. tutkimusaseman johtaja 2.6.1994.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaa-  
rentie 7, FIN-91500 Muhos.

Hinta: 50 mk





## Lukijalle

Metsäsektorilla mielenkiintoisten asioiden virta jatkuu. Puukaupat ovat jo parin vuoden ajan olleet hiljaiset, ja metsänomistajat odottavat hinnan nousua. Teollisuus ei ennätysellisestä viennistä huolimatta näe hinnan nostamista mahdolliseksi, sillä markan kelluttamispäätöksen jälkeen sen arvo on laskenut, ja ulkomaiset velat ovat raskaat. Niitä kevennetään nyt kaikin keinoin. Vaikka puuvarat ja hakkuuvaje lisääntyvät - kasvu on 80 ja poistuma 55 miljoonaa kuutiometriä - tuodaan ulkomailta koivukuitua runsaasti, koska sitä ei saada kotimaasta riittävästi valtion ja yhtiöiden metsien lisäytystä hakuista huolimatta. Teollisuuden raakapuuvarastot ovat alimmillaan vuosikymmeniin. Metsänomistajapuoli odottaa teollisuudelta pientä vastaantuloa. Se ilmeisesti laukaisisi pattitilanteen.

Sellun hinta on alhainen. Silti Raumalla on aloitettu maailman suurimman sellutehtaan rakennustyöt. Tehtaan toivotaan olevan käynnissä vuoden 1996 lopulla. Raaka-puuta - pääasiassa mäntykuitua - se tarvitsee 500 000 sellutonnin tuottamiseen vajaat kolme miljoonaa kuutiometriä. Se korjaisi kerralla Länsi-Suomen metsäongelman ja vaikuttaisi laajemminkin.

Myös metallin ja elektroniikan vienti on huipussaan. 500 000 työtöntä odottaa silti työtä, jonka moni luokittelee ”harvinaiseksi luonnonvaraksi”. Menetelmät on hiottu eikä ihmistyötä enää paljon tarvita vientituotannossa. Sisäistä elvytystä odotetaan. Se ei tule ennenkuin kansantalouden perustekijät on hevoskuurilla saatu kohdalleen. Euroopan liitto on kysymysmerkinä edessämme.

Der Spiegel-lehti väräytti vastikään suomalaisia. Greenpeace-järjestö oli mukana artikkelin laadinnassa. Avohakkuut ovat artikkelin mukaan niin paha asia, että paperia ei pidä ostaa sellaisesta maasta, missä avohakkuuta tehdään. Hallitustasoa myöten asiaan on reagoitu, ja ilmeisesti asiallisella tiedottamisella markkinahäiriöt voidaan estää.

Vaikeasta kansantaloudellisesta tilanteesta huolimatta näköalat metsäsektorilla ovat yleisesti arvioiden valoisat. Yhdysvaltain ja Kanadan länsiosassa hakkuut ovat luonnonsuojeluväimästen takia vähentymässä 20 - 30 %. Indonesia ja Malesia alentavat hakkuutaan samalla kun Japanin puuntarve kasvaa. Venäjä lienee hiljainen kaupakumppani monet vuodet, ja Keski-Euroopan metsänhoito on edelleen vanhanaikaista. Kanadan tarjonta Eurooppaan on jo vähentynyt. Perinteisen markkinan lisäksi Kaukoitā on auennut viennillemme. Puuvirrat kotimaassa on saatava kulkemaan.

Marraskuun 23. päivänä 1993 kokoontui metsäväkeä Muhokselle Koivikon maatalousoppilaitoksen uuteen saliin. Emme tarkastelleet maailmanlaajuisia kauppa- ja talousasioita emmekä kotimaan lamaa, vaan pohjustimme tietä eteenpäin. Metsänhoito on tulevaisuutta. Muhoksen tutkimusaseman omat tutkijat hoitivat päivän; vieraita luennoitsijoita ei ollut kutsuttu.

Metsäntutkimuslaitoksen perustamisasetus annettiin 24.10.1917. Vapaussodan takia toiminta pääsi alkuun vasta 1.7.1918. Nyt on siis 75. toimintavuosi. METLAn monien tapahtumien joukossa Muhoksen tutkimuspäivä oli yksi juhlatyövuoden tapahtuma. Samalla se oli Kuusamossa vuonna 1975 aloitetussa alueellisten tutkimuspäivien sarjassa kahdeskymmenesensimmäinen. Kiitän luennoitsijoita tiedonjakamisesta ja Koivikon oppilaitosta hyvien puitteiden antamisesta.





## Harri Lippo ja Eero Kubin

# KUNTAKOHTAINEN RASKASMETALLILASKEUMA OULUN LÄÄNISSÄ VUONNA 1990

### 1. Johdanto

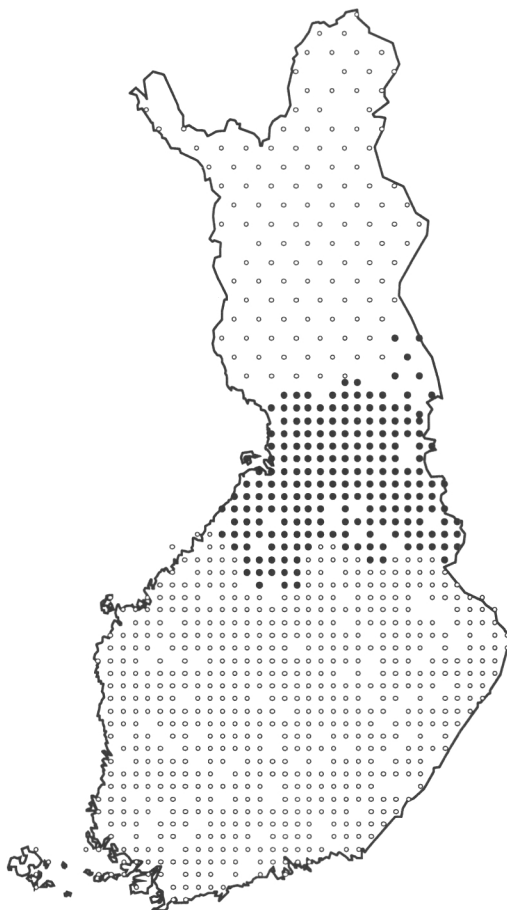
Raskasmetallit kuuluvat rikki- ja typpiyhdisteiden ohella ilman kautta luontoon leviäviiin haitallisiin aineisiin. Päästölähteitä ovat mm. kaivostoiminta ja metalliteollisuus, mutta myös liikenteen ja kaukokulkeuman vaikutus on huomattava. Raskasmetallien alueellista leviämistä tutkitaan bioindikaattorinäytteiden, lähinnä jäkälien, kaarnan ja sammalien avulla mittaamalla niiden raskasmetallipitoisuuksia. Sammalien (*Hylocomium splendens* ja *Pleurozium schreberi*) avulla laskeumaa on Suomessa tutkittu maanlaajuisesti osana Pohjois-Euroopan kattavaa kartoitusta. Tuloksia on raportoitu Pohjoismaat ja niiden lähialueet kattavina karttoina (Rühling et. al. 1987, 1992) sekä laskeumaa Suomessa vuosina 1985 ja 1990 esittävinä karttoina (Kubin ja Lippo 1994).

Sammalnäytteet on kerätty pysyville koelohjelmille, jotka Metsäntutkimuslaitos perusti vuosina 1985-86 metsien tilan ja metsissä tapahtuvien muutosten seurantaan varten (Valtakunnan metsien ... 1986). Verkosto kattaa systemaattisesti koko maan, joten sitä voidaan luotettavasti käyttää esimerkiksi Oulun läänin alueella sijaitsevien päästölähteiden ja alueelle tulevan laskeuman tarkasteluun. Kun havainnot ovat osa laajempaa aineistoa, voidaan Oulun läänin tilannetta verrata myös koko maan ja lähimaiden laskeumaan. Tässä yhteydessä esitettävät tulokset perustuvat vuosina 1990-91 kerättyihin sammalnäytteisiin (kuva 1).

### 2. Tulokset

**Kadmium.** Kadmiumlaskeuma on peräisin pääasiassa jätteiden poltto- ja käsittelylaitoksista, kaivos- ja metalliteollisuudesta, kadmiumia epäpuhtautena sisältävistä fosforilannoitteista sekä fossiilisista polttoaineista. Lisäksi kaukokulkeumalla on leviämässä huomattava osuus. Kadmium on myrkyllistä kaikille organismeille ja kumulatiivisuuden takia kadmiumin käyttöä on tarkasti säädelty.

Vuonna 1990 laskeuma Suomessa oli merkittäväntä Harjavallan ja Kokkolan ympäristöissä ja kohonneita pitoisuuksia oli myös suurimpien taajamien ympäristöissä Etelä-Suomessa. Kaukokulkeuman vaikutus näkyi alenevana trendinä lounaasta koilliseen. Oulun läänin alueella ei ollut selvästi havaittavia päästölähteitä, ja pitoisuudet kuuluivat tausta-arvoihin. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Kuusamossa (0,15 mg/kg; n=10), ja suurimmat Tynärvällä (0,39 mg/kg; n=2) ja Pattijoella (0,33 mg/kg; n=1).



*Kuva 1. METLAN pysyvien koealojen verkostoa. Kartalla on esitetty sammalnäytteiden keruun koealarypäät, joita Oulun läänin alueella sijaitsee 215 kpl.*

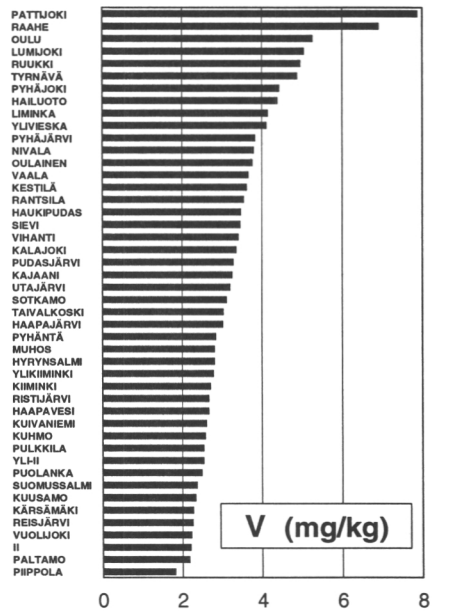
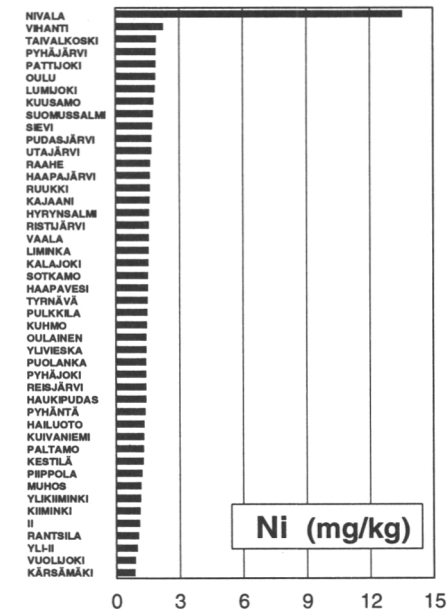
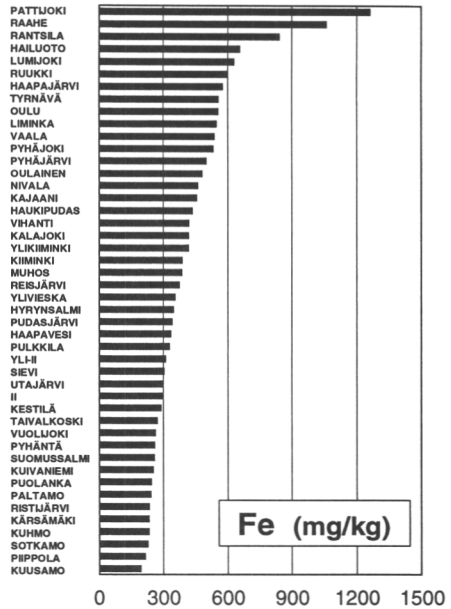
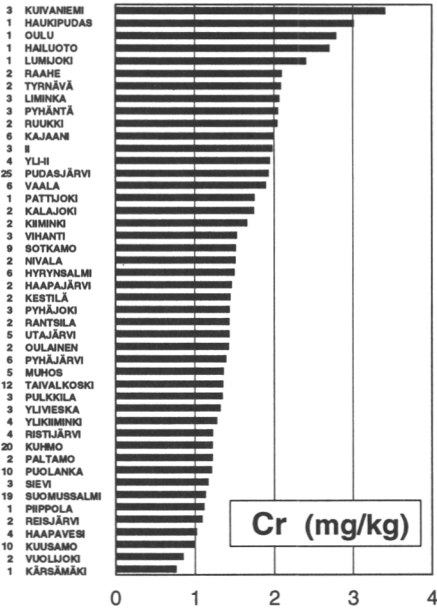
**Kromi.** Kromipäästöt ovat peräisin mm. rauta- ja terästeollisuudesta sekä hiilen käytöstä polttoaineena. Kromin haitallisuus riippuu hapetusasteesta. Kromi(III) on haitallista, kun taas kromi(VI) on erittäin myrkyllistä kaikille organismeille. Kromi(VI) pelkistyy kuitenkin maaperään jouduttuaan nopeasti III-arvoiseksi.

Suomessa laskeuma oli merkittäväntä Tornion terästehtaan ympäristössä, mutta vaikutusalue ulottui Oulun läänin puolelle. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Kärsämäellä (0,77 mg/kg; n=1) ja suurimmat Kuivaniemellä (3,4 mg/kg; n=3) ja Haukiputaalla (3,0 mg/kg; n=1). Keskiarvopitoisuudet on tarkemmin esitetty kuvassa 2.

**Kupari.** Yleisin päästölähde on metalliteollisuus. Kupari on tärkeä hivenravinne kaikille organismeille, mutta suurina pitoisuuksina se on haitallista nisäkkäille ja erittäin myrkyllistä sienille ja leville.

Merkittävin päästölähde oli Harjavallan tehtaat. Kohonneita pitoisuuksia oli myös Pyhäsalmen kaivoksen ympäristössä sekä Itä-Lapissa, jonne Kuolan teollisuuden vaikutus ulottui. Oulun läänissä pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Vuolijoen (3,1 mg/kg; n=2) ja suurimmat Pyhäjärvellä (14,1 mg/kg; n=6) ja Nivalassa (9,3 mg/kg; n=2).

N KUNTA



Kuva 2. Sammalnäytteiden keskimääräinen kromi-, rauta-, nikkeli- ja vanadiini-pitoisuus Oulun läänin kunnissa. Kuntien alueelle sijoittuvien koelarypäiden lukumäärät (n) on ilmoitettu kromipitoisuuksia kuvaavien pylväiden yhteydessä.

**Lyijy.** Lyijyä leviää luontoon pääasiassa liikenteen vaikutuksesta ja lisäksi kaukokulkeumalla on leviämisessä huomattava osuus. Nisäkkäille lyijy on kumulaatiivisuutensa takia haitallista ja liukoisessa muodossa se on myrkyllistä useimmille organismeille.



Suomessa ei ollut huomattavia yksittäisiä päästölähteitä, mutta pitoisuudet Etelä-Suomessa olivat mm. kaukokulkeuman takia kauttaaltaan korkeampia kuin Pohjois-Suomessa. Oulun läänin alueella pitoisuudet kuuluivat alhaisiin tausta-arvoihin. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Vuolijoen (4,7 mg/kg; n=2) ja suurimmat Vihannissa (9,8 mg/kg; n=3) ja Pudasjärvellä (9,6 mg/kg; n=25).

**Nikkeli.** Päästölähteitä ovat mm. terästeollisuus, sulatot ja öljyn käyttäminen polttoaineena. Nikkeli on myrkyllistä useimmille kasveille ja sienille.

Suomessa merkittävin yksittäinen päästölähde oli Harjavallan tehtaat ja kohonneita pitoisuuksia oli myös Enonkosken ja Nivalan kaivosalueiden ympäristössä. Kuolan teollisuuden vaikutus näkyi Itä-Lapissa. Oulun läänin alueella ei Nivalan lisäksi ollut selvästi havaittavia laskeuma-alueita, vaan pitoisuudet kuuluivat tausta-arvoihin. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Kärsämäellä (0,89 mg/kg; n=1) ja suurimmat Nivalassa (13,5 mg/kg; n=2) ja Vihannissa (2,3 mg/kg; n=3). Keskiarvopitoisuudet on tarkemmin esitetty kuvassa 2.

**Rauta.** Päästölähteitä ovat mm. rauta- ja terästeollisuus sekä kaivostoiminta. Rauta on välttämätön alkuaine, ja suurinakin pitoisuuksina sen haitallisuusaste on alhainen.

Suomessa merkittävin päästölähde oli Raahen terästeollisuus, mutta sen vaikutusalue jäi kuitenkin hyvin pieneksi verrattuna esimerkiksi Kiirunan alueeseen Ruotsissa ja Mo i Ranan sekä Kirkkoniemen alueisiin Norjassa. Oulun läänin alueella pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Kuusamossa (197 mg/kg; n=10) ja suurimmat Pattijoella (1263 mg/kg; n=1) ja Raahessa (1 060 mg/kg; n=2). Keskiarvopitoisuudet on tarkemmin esitetty kuvassa 2.

**Sinkki.** Yleisin päästölähde on metalliteollisuus. Sinkki on välttämätön alkuaine kaikille organismeille ja se on haitallista vain suurina pitoisuuksina.

Suomessa ei ollut merkittäviä yksittäisiä päästölähteitä, ja pitoisuudet Oulun läänin alueella kuuluivat alhaisiin tausta-arvoihin. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Kuusamossa (25 mg/kg; n=10), ja suurimmat Pyhäjärvellä (48 mg/kg; n=6) ja Kii-  
mingissä (46 mg/kg; n=2).

**Vanadiini.** Päästölähteitä ovat mm. öljynjalostusteollisuus ja raskaan öljyn käyttö polttoaineena. Vanadiinin haitallisuus riippuu hapetusasteesta, mutta se on yleensä tiukasti sitoutuneena maaperään eikä siten ole kasvien saatavilla.

Merkittävimpiä päästölähteitä olivat Naantalinen ja Porvoon öljynjalostamot. Raahen terästeollisuuden vaikutus näkyi kohonneina pitoisuuksina Raahen ympäristössä. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus oli Piippolassa (1,8 mg/kg; n=1) ja suurimmat Pattijoella (7,9 mg/kg; n=1) ja Raahessa (6,9 mg/kg; n=2). Keskiarvopitoisuudet on tarkemmin esitetty kuvassa 2.

### 3. Yhteenveto

Oulun läänin alueelle vaikuttavista päästölähteistä huomattavimpia olivat Raahen ja Tornion metalliteollisuus sekä Nivalan, Pyhäsalmen, Vihannin ja Taivalkosken kaivokset. Kaivostoiminnan loppuminen näkyy laskeumassa yleensä muutaman vuoden viiveellä riippuen mm. kaivosalueen pölypäästöistä. Kaukokulkeuma vaikuttaa laskeumaan etenkin kadmiumin ja lyijyn osalta. Kuntakohtainen laskeuma riippuu mm. päästöläh-

teiden sijoittumisesta kunnan alueelle, kauempana sijaitsevien päästölähteiden etäisyyksistä, päästömääristä, vallitsevan tuulen suunnasta ja maanpinnan topografiasta.

#### **4. Kirjallisuus**

- Kubin, E. & Lippo, H. 1994. Raskasmetallilaskeuma Suomessa vuosina 1985 ja 1990. Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Moniste. 9 s.
- Rühling, Å., Rasmussen, L., Pilegaard, K., Mäkinen, A. & Steinnes, E. 1987. Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 - monitored by moss analysis. *NORD* 1987:21. 44 s.
- Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnússon, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E. & Steinnes, E. 1990. Atmospheric heavy metal deposition in northern Europe 1990. *NORD* 1992:12. 41 s.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Pysyvien koealojen kenttätöiden ohjeet 1985-86. 2. painos. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioinnin tutkimusosasto, metsäinventoinnin tutkimussuunta.

Mikko Moilanen

## LÄNNENPIHTAKUUSEN MENESTYMINEN POHJOIS-SUOMESSA

### 1. Vaihtelua suomalaiseen puulajistoon

Ensimmäiset ulkomaisten puulajien kokeilut Suomessa ovat peräisin 1700-luvulta. Asumusten puutarhoihin ja puistoihin pyrittiin siirtämään eksoottisia puulajeja aluksi lähinnä koristetarkoituksessa. Myöhemmin ulkomaisia puulajeja alettiin arvioida myös taloudellisessa mielessä. 1900-luvun alkupuolen kokeilut johtivat siihen, että siperianlehtikuusta (*Larix sibirica*) ja kontortamäntyä (*Pinus contorta*) alettiin viljellä käytännön metsätaloudessa.

Lännenpihdan eli lännen palsamikuusen (*Abies lasiocarpa*) luontainen levinneisyysalue kattaa Pohjois-Amerikan länsiosien vuoristoseudut Alaskasta Meksikoon saakka (Sarvas 1964). Vuoristojen subalpiinisella vyöhykkeellä lännenpihta usein muodostaa metsänrajan, jota korkeammalla eivät muut puulajit juuri menesty. Lännenpihdan alkukehitys on ripeää, mutta se myös rappeutuu verraten nuorella iällä.

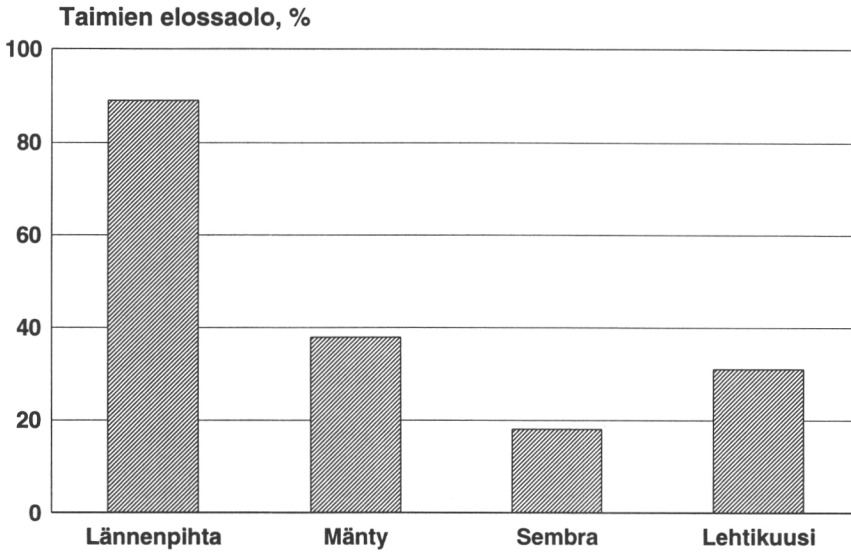
Lännenpihta on hyvin elinvoimainen ja toipumiskykyinen puulaji, joka sietää varjostusta ja ankaria ilmasto-oloja, lunta ja tuulta. Metsänrajalla kasvaessaan se varsin yleisesti uudistuu kasvullisesti alaoksien juurtumiskyvyn ansiosta. Jo 1970-luvulla Ruotsissa huomattiin lännenpihdan oivallinen menestyminen korkeilla alueilla, jotka metsänuudistamista ajatellen ovat ongelmallisia (Remröd 1976, Remröd ym. 1977).

Lännenpihta ei kuitenkaan ole laajemmin kiinnostanut metsänkasvattajia. Kokonaistuotos jää lopulta aika pieneksi. Punkaharjulle vuonna 1932 istutetun, Brittiläisestä Kolumbiasta tuodun alkuperän kokonaistuotos oli 245 m<sup>3</sup>/ha ja metsikkö rappeutui jo alle 50-vuotiaana (Lähde ym. 1984). Rungon mutkaisuus ja haaralatvaisuus ovat aika yleisiä. Puuaineen laatuominaisuuksiaan eivät ole kovin hyvät jalostamisen kannalta.

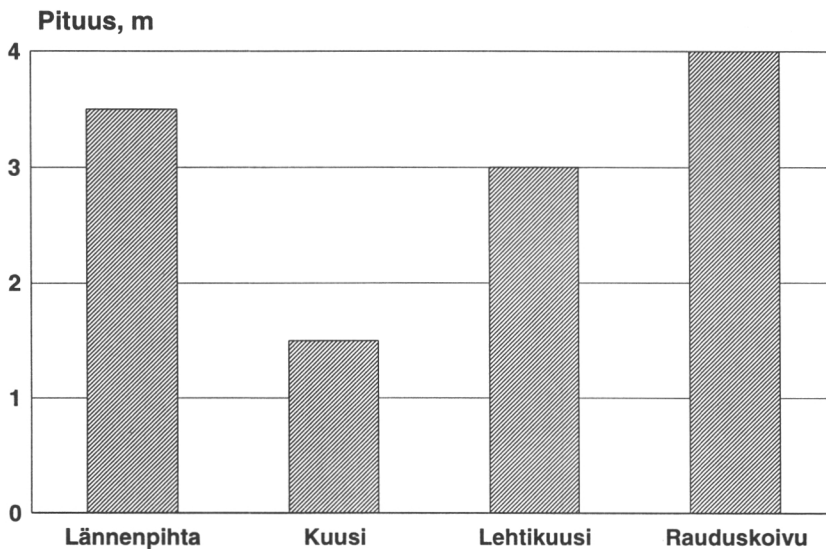
Euroopassa lännenpihtakuusta käytetään puistopuuna. Hopeanvivahteisena puu onkin koristeellinen ja sirolatvuksinen. Kuori on korkkimainen ja siinä on runsaasti rakkuloita, jotka sisältävät tuoksuvaa pihkanestettä. Istutuksen onnistuminen edellyttää oikean rodun ja lähtöalueen löytämistä. Syyshalloille arkana ja väärässä valoilmastossa puu ei menesty.

### 2. Sitkeä puulaji

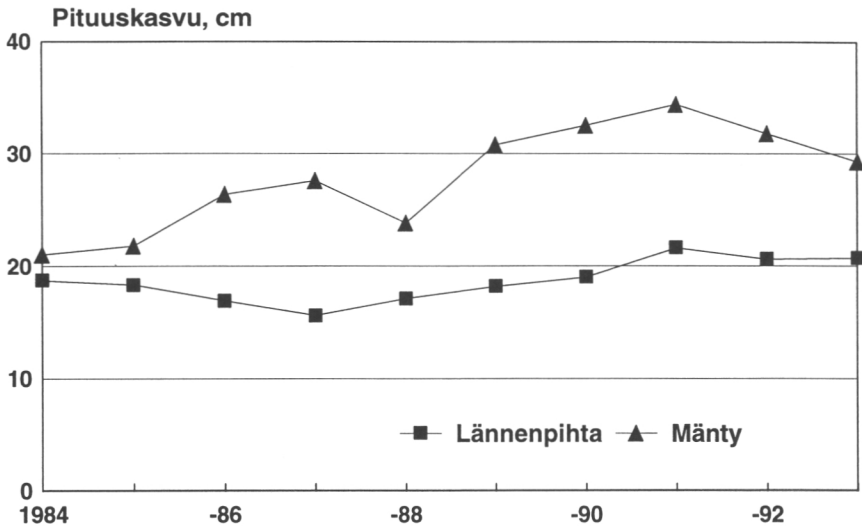
Suomessa saadut kokemukset lännenpihtakuudesta rajoittuvat muutamiin alkuperiin, joita 1920 - 30 -luvulla tuotiin Etelä-Suomeen. Kanadasta 1 800 metrin korkeudesta Shuswap Lakesta tuotu alkuperä on osoittautunut meillä parhaimmaksi (Lähde ym. 1984). Tuosta Punkaharjun koemetsästä kerättiin siemeniä, joista kasvatetuilla taimilla metsitettiin kaksi metsänuudistamisalaa METLAn tutkimusalueissa Pohjois-Suomessa. Metsityskohteet sijaitsevat Puolangan Paljakassa ja Rovaniemen maalaiskunnan Kivalossa 300 metrin korkeudella merenpinnasta. Viljely tehtiin auratulle avohakkuualalle paljasjuurisilla taimilla 1970-luvun alussa.



*Kuva 1. Eri puulajien elossaolo ja puiden pituus Rovaniemen maalaiskunnan Kivalosassa. Viljelystä kulunut 21 - 22 vuotta. Kohteena HMT-tyypin kuusikko, jossa avohakkaus v. 1969 - 70 ja vaotusmuokkaus v. 1970. Maalaji hiesumoreenia. Männyn viljely kourukuokkaistutuksena kesäkuussa 1971, muut puulajit kuoppaistutuksena v. 1972. Viljelytiheys puulajista riippuen 1 550 -2 125 kpl/ha.*



*Kuva 2. Istutustaimien keskipituus Puolangan Paljakassa 14 - 15 vuoden kuluttua viljelystä. VMT-tyypin kuusikko avohakattiin v. 1965 ja istutettiin kuuselle v. 1969. Maalaji hiesumoreenia. Kuusentaimista kuoli suuri osa vuoteen 1973 mennessä. Alue muokattiin auraamalla v. 1974 ja viljeltiin lännepihdalla kuoppaistutuksena toukokuussa 1975. Keväällä 1990 lähes kaikki taimet olivat elossa (taimia 1 990 kpl/ha). Kuvassa vertailuna samanikäisten kuusi-, lehtikuusi- ja rauduskoivuviljelmien keskipituus läheiseltä aurasalueelta.*



Kuva 3. Lännepihtidan ja männyn vuotuisen pituuskasvun kehitys Kivalossa.

Lännepihtakuusi säilyi elossa erittäin hyvin. Paljakassa lähes kaikki taimet olivat elossa 15 vuoden kuluttua istutuksesta ja Kivalossa vain vajaat 10 % taimista oli kuollut 22 vuoden aikana (kuva 1). Puusto oli lähes tervettä. Muutamilla puilla tosin esiintyi sienitautia ja ajoittain myös lievää pakkaskuivumista, myös hirven syöntijälkiä havaittiin. Puiden pituuskehitys oli alussa nopeaa etenkin Paljakassa (kuva 2). Lännepihta kehittyi selvästi nopeammin kuin kotimainen kuusi ja samaa vauhtia kuin lehtikuusi- ja rauduskoivuviljelmät. Kivalon kokeessa lännepihtidan kasvu jäi ajan mittaan heikommaksi kuin vertailuna olleiden männyn ja lehtikuusen kasvu (kuva 3). Lännepihtidan pituuskasvun maksimivaihe kulminoitui nopeasti ja jää jatkossa pysyvästi muita pienemmäksi.

Metsätalouds mielessä lännepihtakuusesta ei tule laajassa mitassa vaihtoehtoa kotimaisille puulajeille. Metsänuudistamisen ongelma-alueilla Pohjois-Suomessa lännepihta osoittautuu kuitenkin pysyvän hengissä yliveraisen sitkeästi. Kun puulaji vielä tuo eksoottisuutta ja vaihtelua maisemakuvaan, voidaan sen käyttöä tietyissä erikoiskohteissa harkita.

### 3. Kirjallisuus

- Lähde, E., Werren, M., Etholén, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. Summary: Older forest trials of exotic conifer species in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 125. 87 s.
- Remröd, J. 1976. En produktionsprognos för nordförflyttade granprovenienser. Institutet för skogsförbättring, Skogsträdsförädling, *Information 1976/77(5)*. 4 s.
- , Strömberg, S., Andersson, D.G. & Alfjorden, G. 1977. Främmande granarter i norra Sverige. Summary: Results from experiments with introduced spruces and firs in Northern Sweden. *Institutet för Skogsförbättring 1976*: 117 - 169.
- Sarvas, R. 1964. *Havupuut*. WSOY, Porvoo. 518 s.

Pentti Niemistö

## HARVENNUSTAPOJEN VERTAILU MÄNNIKÖN ENSIHARVENNUKSESSA

### 1. Johdanto

Suomessa tehdään harvennushakkuita jatkuvasti vähemmän kuin olisi tarve. Etenkin ensiharvennukset lykkääntyvät, koska kertymät ovat pieniä ja puunkorjuun kustannukset korkeita. Koneellinen puunkorjuu ei kannata ensiharvennusmetsissä runkojen pienen koon ja korjuuvaurioiden takia. Viljelymäntyjen tekninen laatu on usein heikko ja sen takia esiintyy epätietoisuutta kasvatustavoitteista. Korjuun kannattavuuden ja teknisen laadun parantamiseksi on esitetty ensiharvennusten myöhentämistä (Pesonen & Hirvelä 1992). Toisaalta metsänkäsittelyohjeisiin on ilmestynyt laatuharvennuksen käsite (Keskusmetsälautakunta Tapio 1989) ja useat tutkimukset ovat osoittaneet yläharvennuksen luonteiset käsittelyt mahdollisiksi (Vuokila 1970 ja 1977, Nordberg 1987, Hynynen & Kukkola 1989, Eriksson 1990, Mielikäinen & Valkonen 1991). Laatuharvennusta ei kuitenkaan ole juuri tutkittu ja yläharvennustakin lähinnä vain varttuneissa puustoissa.

Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla tehdyssä tutkimuksessa vertaillaan keskenään alaharvennusta, laatuharvennusta ja yläharvennusta. Tavoitteena on selvittää harvennustapojen vaikutuksia jäävän puuston laatuun ja kasvuun sekä harvennuspoistumaan ja hakkuun kannattavuuteen.

### 2. Aineisto

Tutkimus suoritettiin 30-vuotiaassa kylvömännikössä Kajaanissa. Kaikissa vaihtoehdoissa poistettiin ensin kuolleet, sairaat ja kilpailussa kehityskelvottomiksi joutuneet puut. Myös teknisiltä ominaisuuksiltaan kelvottomat puut kuuluivat tähän joukkoon. Sen jälkeen valittiin poistettavat puut harvennustavoittain seuraavia periaatteita noudattaen.

**Alaharvennuksessa** poistettiin puita alhaalta päin tavoitteena mahdollisimman suurikokoinen jäävä puusto. Suurempia puita poistettiin ja pienempiä jätettiin vain siinä tapauksessa, että toimenpide katsottiin välttämättömäksi tilajärjestyksen tasoittamiseksi.

**Laatuharvennuksessa** leimattiin kaiken kokoisia puita. Rungon suoruutta ja hento-oksaisuutta pidettiin jäävän puuston tärkeimpinä ominaisuuksina. Tasaväkisissä valintatilanteissa leimattiin pienempi puu poistettavaksi.

**Yläharvennuksessa** poistettiin kehityskelvottomien puiden jälkeen metsikön suurimpia puita laadusta välittämättä. Aukkoisuutta sallittiin enemmän kuin muissa vaihtoehdoissa, mutta tilajärjestys säilytettiin kuitenkin kohtuullisena.

Kolmena toistona tehty koe sisälsi myös harventamattomat koealat. Valtapituudeltaan 11-metrinen puusto (2 100 kpl/ha) harvennettiin keväällä 1988. Jäävän puuston pohja-

pinta-ala oli Tapion harvennusmallin mukaisesti 13,7 m<sup>2</sup>/ha. Kaikilla kolmella harvenustavalla jätettiin näin ollen täsmälleen yhtä paljon puustoa kasvamaan, joten harvennusten välille mahdollisesti syntyvät erot johtuvat vain harvennustavasta. Kaikkien kahdentoista koealan puustot mitattiin uudelleen viisi kasvukautta harvennuksen jälkeen syksyllä 1992.

### 3. Tulokset

Alaharvennuksessa poistettiin suurin osa keskiläpimittaa pienemmistä puista ja kasvamaan jätettiin lähes kaikki sitä suuremmat puut. Laatu- ja yläharvennuksessa jätettiin runsaasti keskiläpimittaisia ja hiukan sitä pienempiä puita. Kasvamaan jätettävien puiden lukumäärä oli alaharvennuksessa noin 1 000 kpl/ha, mutta muissa lähes kolmanneksen suurempi. Laatu- ja yläharvennus alensivat puuston pituutta noin puolella metrillä. Tärkein laatutunnus oli oksien paksuus, joka riippui pääasiassa puun koosta. Mitä suuremmaksi mänty oli kasvanut, sitä paksummat olivat myös sen oksat (Varmola 1980, Salminen & Varmola 1990). Oksaisuuteen liittyi kaksi muutakin laatuominaisuutta, nimittäin nopeasta kasvusta johtuva vuosilustojen paksuus ja rungon nopea kapeneminen (Uusvaara 1974 ja 1981), jotka kumpikin heikentävät puun teknisiä käyttöominaisuuksia ainakin sahatavarana.

Koska puun laatu oli näin tiukasti sidoksissa puun kokoon, poikkesivat laatu- ja yläharvennus vain vähän toisistaan, mutta ero alaharvennukseseen oli selvä. Tukin laatua arvioitaessa paksuin oksa on avainasemassa. Tulevan tyvitukin alueella se jäi alaharvennuksessa keskimäärin 3 mm paksummaksi kuin laatuharvennuksessa. Ero jää lopulliseksi, koska oksat olivat jo kuolleita tai kuolemassa. Jatkossa kehitys etenee laatuharvennuksen eduksi, koska ohuimmat oksat karsiutuvat nopeasti ja tukit tulevat sisältämään enemmän oksatonta ja arvokasta pintapuuta kuin alaharvennuksessa. Laatuharvennus voitti myös yläharvennuksen, jossa jäävä puusto oli hiukan pienempää, mutta samalla vähän paksuoksisempaa.

Ensiharvennusten taloudellista kannattavuutta pidetään heikkona, koska puuta kertyy vähän ja se on pienikokoista, minkä lisäksi jäävää puustoa pitää varoa. Näitä ongelmia laatu- ja yläharvennus helpottavat. Kuitupuuta kertyi 3 -4 m<sup>3</sup> enemmän hehtaarilta kuin alaharvennuksessa ja mikä tärkeintä, korjattavan puun keskikoko oli 40 - 50 % suurempi. Tästä syystä puunkorjuun laskettiin olevan laatu- ja yläharvennuksessa noin 20 mk halvempaa kuutiometriltä kuin alaharvennuksessa (Harvennushakkuiden ... 1992). Myöhemmissä harvennuksissa tai päätehakkuussa tämä joudutaan maksamaan osittain takaisin, mutta tulevat hakkuut ovat joka tapauksessa taloudellisesti niin kannattavia, ettei ongelmia synny.

Suurin epäily laatu- ja yläharvennuksessa kohdistuu metsikön tulevaan kasvuun. Jos kasvueroa alaharvennuksen hyväksi olisi olemassa, sen täytyisi näkyä varsinkin ensimmäisinä vuosina. Kokeessa, jossa kaikki harvennukset tehtiin pohjapinta-alalla mitattuna yhtä voimakkaana, ei ensimmäisten viiden vuoden aikana syntynyt lainkaan kasvueroja. Hehtaarikasvu tässä puolukkatyyppin männikössä oli harvennustavasta riippumatta 7,7 m<sup>3</sup> vuodessa.

Sen sijaan harventamaton metsä kasvoi 2,5 kuutiota enemmän. Tulos on tuttu monista aikaisemmista tutkimuksista. Harventamisella alennetaan tilapäisesti puuston kasvua, mutta pitkällä tähtäimellä toimenpide on kannattava, jopa välttämätön runkojen järeytymisen, latvusten elinvoiman ja puiden terveydentilan takia. Ero harventamattoman hyväksi osoittaa sen, että kasvamaan jäävällä puustopääomalla on ratkaiseva merkitys metsikön tuotukseen. Tästä syystä laatu- ja yläharvennuksessa on kiinnitettävä

erityistä huomiota siihen, ettei puita poisteta liikaa. Suuria puita ei voida hakata lukumäärällä mitattuna läheskään yhtä paljon kuin alaharvennuksessa.

#### 4. Päätelmät

Yhden kokeen perusteella ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Viime vuosina on kuitenkin julkaistu useita tutkimuksia, jotka osoittavat, että tuotoksen määrän ratkaisee puustopääoma, ei harvennustapa. Ehtona on tietenkin se, että jäävät puut ovat terveitä ja kehityskelpoisia. Varsin laaja ja kattava harvennustutkimus Ruotsissa (Eriksson 1990) on osoittanut, ettei yläharvennus alenna männikön kasvua vaikka se toistetaisiin myöhemmin samassa metsikössä. Kuusikoissa on sen sijaan kärsitty viiden prosentin kasvutappio. Suomessa on osoitettu, että yläharvennus sopii kuusikon myöhempiin harvennuksiin, mutta ei ensiharvennuksen (Vuokila 1970 ja 1977). Mielikäinen ja Valkonen (1991) sekä Hynynen ja Kukkola (1989) ovat saaneet varttuneempien männiköiden käsittelystä tuloksia, jotka myös puoltavat yläharvennuksen käyttöä.

Kaikille näille tutkimuksille on yhteistä se, että metsiköt ovat olleet hoidettuja ja suhteellisen tasarakenteisia. Epäilemättä on niin, että hoitamattomassa, ylitieheässä tai rakenteeltaan epätasaisessa metsässä tulos on toisenlainen. Jos pienemmät puut ovat menettäneet elinvoimaisen latvuksen tai suuria puita poistettaessa jäisi aukkoja, on harventaminen alhaalta päin silloin ainut mahdollisuus. Myös korjuuvauriot ja myrskyn tai lumen aiheuttama uhka puoltavat alaharvennuksen käyttöä hoitamattomissa metsissä.

Saadut tulokset osoittavat, että varsinkin jäävän puuston laatua korostavaa laatuharvennusta kannattaa soveltaa männikön ensiharvennuksessa, mutta myös välittömien hakkuutulosten lisäämiseen pyrkivä yläharvennus on mahdollinen. Käytännössä kysymys onkin usein samasta asiasta ja laatu- ja kannattavuustavoitteet yhdistyvät, vaikka motiivit ovat erilaiset. Viime vuosina Ruotsissa on vellonut kiivaskin keskustelu siitä, tuleeko metsänkäsittelyohjeissa lukea: ”poistetaan huonolaatuisimmat puut vaikka ne olisivat suurimpia” vai ”poistetaan suurimmat ja huonolaatuisimmat puut”. Tämän tutkimuksen perusteella lopputulos on jokseenkin sama.

Laatu- tai yläharvennus vaativat suurempaa ammattitaitoa kuin perinteinen alaharvennus. Kohteen valinnassa on huolehdittava, että taimikko on harvennettu ajallaan ja että ensiharvennus ei ole missään tapauksessa myöhässä. Laatuharvennus on kiitollisinta metsiköissä, joissa puiden väliset oksaisuuserot ovat suuret ja harvennus tehdään hiukan aikaisemmassa vaiheessa kuin alaharvennusta käytettäessä. Metsiköt ovat harvoin niin tasaisia, että jotakin harvennustapaa voisi soveltaa puhtaasti kaikkialla, joten eri tavoitteita on osattava käyttää tilanteen mukaan. Erityisen tärkeää on hallita relaskoopin käyttö pohjapinta-alan mittauksessa ja noudattaa harvennusvoimakkuudesta annettuja ohjeita.

Perinteisiin harvennushakkuisiin laatu- ja yläharvennus sopivat hyvin, eikä ole epäilystä, etteikö kokenut metsuri pystyisi tekemään tarvittavia valintoja leimikossa. Korjuun koneistaminen ja kustannuspaineet aiheuttavat kuitenkin monia kysymysmerkkejä harvennustapojen muuttamiselle. Suurista puista kertyy nopeasti tuloja, joten harvennus tulee helposti liian voimakkaaksi. Harkinta-aikaa puuvalinnoille jää yhä vähemmän ja pienemmät puut kärsivät kiireessä vaurioita. Alaharvennuksen verrattuna puusto jää tiheämmäksi, mikä haittaa hakkuukoneen työtä ja aiheuttaa enemmän puustovaurioita. Runkolukuun perustuvia harvennusohjeita on käytettävä varovasti, koska puuston keskiläpimitta alenee laatu- ja yläharvennuksessa (Niemistö 1992).



Viljelymänniköiden laatu ja ensiharvennusten heikko kannattavuus ovat kuitenkin niin suuria ongelmia, että uusia ratkaisuja on etsittävä jatkuvasti. Ensiharvennus-ongelmaan tarjottu keino - voimakas taimikonharvennus ja myöhäinen ensiharvennus - eivät johda ainakaan laadun kannalta hyvään tulokseen. Laatuharvennus on tässä suhteessa parempi, mutta kiertoaika pitenee, mikäli tavoitteena on yhtä järeä päätehakkuulementiko. Kiertoajan piteneminen ei ole kuitenkaan huono asia, koska se merkitsee pitkällä tähtäimellä avohakkuiden vähentymistä ja uudistamiskustannusten alentumista.

## 5. Kirjallisuus

- Eriksson, H. 1990. Hur har det gått med höggallringen? What is the situation of selective thinning from above? Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2. 42-57.
- Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. 1992. Maa- ja metsätalousministeriö. Vanha kauppakirjapaino Oy. Helsinki. 121 s.
- Hynynen, J. & Kukkola, M. 1989. Harvennustavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun. Summary: Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands. Folia Forestalia 731. 20 s.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1989. Metsänhoitusuositukset. Moniste 55 s.
- Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1991. Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa. Summary: Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland. Folia Forestalia 776. 22 s.
- Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 432. 18 s.
- Nordberg, M. 1987. Thinning from above - a way to improve the economy in early thinnings? Developments of Thinning Systems To Reduce Stand Damages. Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P4.02 and Subject Group S1.05-05. Scandinavia (Sweden, Norway, Denmark) 9-18. June, 1987. Carpenberg. s. 319-326.
- Pesonen, M. & Hirvelä, H. 1992. Liiketaloudelliset harvennusmallit Etelä-Suomessa. Summary: Thinning models based on profitability calculations for southern Finland. Folia Forestalia 800. 35 p.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppien kylvömanniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. Folia Forestalia 752. 29 p.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation - grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymännikoissä. Communicationes Instituti Forestalia Fenniae 80(2). 105 s.
- 1981. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 27. 108 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia Forestalia 451. 21 s.
- Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. Acta Forestalia Fennica 110. 45 s.
- 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia Forestalia 298. 17 s.

**Matti Oikarinen**

## **BIOLOGINEN METSÄNPARANNUS: TEOREETTINEN PERUSTA JA KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ**

### **1. Biologisen maanparannuksen teoriaa**

#### **1.1 Ekologinen perusta**

Lannoitusreaktion ennakoinnissa on Liebigin ajoista lähtien käytetty hyväksi kasvula-keja, kuten esim. kasvun minimilaki ja vähenevän tuoton laki, jotka on puettu erilaisten matemaattisten yhtälöiden muotoon (esim. Aaltonen 1940, Mengel and Kirkby 1979). Kasvuprosessiin vaikuttavat kuitenkin lukemattomat tekijät niin monimutkaisella ta-valla, että sen kuvaamisessa on tutkimuksen edetessä ilmennyt aina parantamisen va-  
raa. Viimeisin parannus on Ingestadin (1977) tekemä.

Ingestad (1977) on optimilannoitusta koskevissa tutkimuksissaan osoittanut, että kasvu on optimiravintetaso-  
n alapuolella ja vapaana muiden kasvu- tai tilatekijöiden rajoituksista eksponentiaalista aikaisemmin oletetun logaritmisestä l. sigmoidisen mal-  
lin asemasta. Kun optimitaso saavutetaan, kasvu on maksimissaan, jota seuraa ravinne-  
tasoa vielä nousemalla jyrkkä pudotus haitta- ja myrkyvaikutusten vuoksi. Ratkaisevaa  
on ravintoliuoksen tai maaveden tasainen ravinnepitoisuus, jota voidaan lähestyä lisää-  
mällä mahdollisimman lyhyin aikavälein kasvualustaan juuri se määrä ravinteita kuin  
kasvit ovat samana aikana käyttäneet. Kasvu on tervettä ja tasapainoista, vaikka ravin-  
nemäärät olisivat huomattavasti optimin alle. Lisäksi Ingestadin tutkimuksista ilme-  
nee, että esim. typen käytön tehokkuus (= biomassatuotos/typpiyksikkö) huomattavasti  
paranee tällaisissa tasaisissa ravinneoloissa.

Tämä optimiravinne- ja kasvukäyrän muotoa koskeva havainto on jäänyt huoma-  
matta aikaisempien koejärjestelyjen luonteen vuoksi. Niissä on lisätty ravinteita usein  
suurina annoksina pitkin aikavälein, esim. muutaman kerran kasvukaudessa tai met-  
sänlannoituksessa jopa vuosien välein. Tällöin kasvualustan ravinnepitoisuus vaihte-  
lee voimakkaasti myrkyllisestä yliannostuksesta ankaraan puutteeseen, eikä kasvi ehdi  
koskaan todella kotiutua ravintetasoon, vaan joutuu jatkuvasti sopeutumaan muutok-  
seen. Seurauksena on tehottomuutta, ravinnetappioita ja haitallisia ympäristö-, laatu- ja  
terveysvaikutuksia.

Helpoliukoisilla lannoitteilla optimitaso saavuttaminen ja ylläpitäminen on vai-  
keaa. Kaikkien tarvittavien ravinteiden ja tehoaineiden määrittäminen ja lisääminen  
kasvualustaan hyvin pienin väliajoin kasvien käyttämään tahtiin on hyvin hankalaa sen  
vuoksi, että tarvittavia aineita on paljon ja monien optimipitoisuus on hyvin pieni ja  
aktiivisuus suuri (esim. entsyymit). Juuri entsyymien ja muiden tehoaineiden kohdalla  
vaikeudet kulmineituvat. Niiden määrittäminen on vaikeaa ja kallista, niitä ymmärretään ja  
tunnetaan toistaiseksi hyvin puutteellisesti, ja niiden valmistus, säilytys ja käyttö ovat  
ongelmallisia. Tällaisen ympäristön keinotekoinen luominen onkin lähes mahdotonta.

Kemiallisen maanparannuksen ongelmat, tehottomuus, kielteiset ympäristö-, laatu- ja terveysvaikutukset sekä heikkenevien tuottojen ja kasvavien panosten kierre näyttävät ratkaisemattomilta.

Ratkaisu löytyy ekosysteemin energian, ravinteiden ja informaation kierrosta, jota Rautavaara kutsuu luonnon elonkierron ”viljavuusautomaatiksi” (Epstein 1972, Rautavaara 1976, Mengel and Kirkby 1979). Siinä on rakentava osa, jonka muodostavat kaikki lehtivihreälliset kasvit ja levät, sekä hajottava osa, joka muodostuu yhteyttämis- tuotteiden käyttäjästä ja hajottajista. Näiden välissä on sorptiosysteemi, joka sitoo hajo- tustoiminnan tuloksena syntyvät aineet, kivennäisravinteet, vitamiinit, entsyymit ym. savi- ja humuskolloideihin, josta ne eivät liukene veteen, mutta ovat kasvien juurien oman toiminnan tai niiden kanssa symbioosissa elävän pieneliöstön avulla kasvien käy- tettävissä tarpeen mukaan (Raudaskoski 1984, Niemi 1986, Puustjärvi 1986, Huhta ym. 1989, Setälä & Huhta 1991). Elonkierron viljavuusautomaattiin kuuluu vielä hengi- tyssysteemi, joka huolehtii kierron kaasujenvaihdosta ilmassa ja maaperässä. Tämän automaatin toimintanopeus säätyy mm. vuodenajan, lämpötilan, kosteuden, yh- teyttämistuotteiden saatavuuden jne. suhteen siten, että kasvit voivat elää hyvin vakais- sa oloissa esim. ravinteiden suhteen. Ne saavat kaiken tarvitsemansa, mutta huuhtoutu- mat tai muut ravinnetappiot pysyvät pieninä. Tällä selittyy luonnontilaisten ekosystee- mien elinvoima.

Elonkierron viljavuusautomaattiin perustuva metsänparannus on siten metsäekosys- teemin kokonaisvaltaista pitkäntähtäyksen hoitoa siten, että viljavuusautomaatin toi- mintaa tuetaan, autetaan ja tehostetaan parantamalla yleisiä kasvutekijöitä ja lisäämällä ja tasapainottamalla kriittisiä panoksia esim. maanparannusaineiden, hidasliukoisten lannoitteiden, puulajivalinnan jne. avulla. Samalla vältetään toimenpiteitä, joilla on viljavuusautomaatin toimintaa häiritseviä, yksipuolistavia tai vinouttavia vaikutuksia. Periaatteet ovat siten yhteneväiset maataloudessa tunnetun biologisen viljelymenetel- män kanssa, minkä vuoksi menetelmää jatkossa kutsutaan biologiseksi metsänparannuk- seksi, joka puolestaan on olennainen osa biologista l. luonnonmukaista metsätaloutta.

## 1.2 Kvanttifysiikan antama tuki

Elonkierron viljavuusautomaatin käsite on saanut tukea kvanttifysiikan ja solubiologian viimeaikaisista saavutuksista biofotonitutkimuksen alueella. Biofotonitutkimus on osoit- tanut, että kaikki elävät organismit lähettävät koherenttia säteilyä. Säteilyä, joka herkil- lä elektronisilla laitteilla voidaan havaita ja mitata, kutsutaan jatkossa biofotoneiksi. Biofotonitutkimus on merkinnyt uuden ulottuvuuden avautumista elolliseen luontoon kohdistuvassa tutkimuksessa. Biokemia, joka hajottaa elintoiminnat kemiallisiksi reak- tioiksi, on saanut rinnalleen biofysiikan, joka tekee elävästä organismista omaehtoi- sesti toimivan kokonaisuuden, jonka elintoiminnot tulevat uudella tavalla ymmärrettä- viksi ja mielekkäiksi (Popp ym. 1989, 1992).

Biofotonitutkimusta on käytetty mm. biologian, lääketieteen, elintarviketieteen ja maatalouden aloilla. Biologiassa biofotonit liittyvät elävien organismien energiakent- tään, joka ohjaa niiden elintoimintoja ja hoitaa informaation kulkua ulospäin suhteessa toisiin organismeihin. Tämä energiakenttä on merkki elämästä, joka pitää organismin koossa vastoin ympäristön hajottavia ja eutrooppisia pyrkimyksiä. Kentän tuhouduttua eli organismin kuoltua sen sisältämä kokonaisuus kaikkine ainesosineen hajoaa lyhy- essä ajassa ympäröivään luontoon.

Lääketieteessä biofotonitutkimus on avannut uusia diagnoosi- ja hoitomahdollisuuksia. Sen avulla solujen kuntoa voidaan mitata. Esim. kasvainsolukon biofotonikentän on todettu poikkeavan terveiden solujen kentästä. Lääkeaineiden ja hoidon vaikutus

voidaan todeta biofotonianalyysillä, ja se on paljastanut mm. akupunktiohoidon biofyysisiä perusteita (Popp ym. 1989, 1992).

Biofotonitutkimus on elintarvike- ja maataloustieteiden alueella tehnyt mahdolliseksi tutkia elintarvikkeiden sisäistä laatua ja erilaisten toimenpiteiden vaikutusta siihen. Biofotonianalyysi kertoo luotettavasti elintarvikkeen sisäisestä laadusta, iästä, säilöntätavasta jne. Esim. säilyvyyden parantamiseksi tehty säteilytys voidaan selvästi havaita. Maatalouden osalta keskeisin tutkimustulos on se, että viljelymenetelmä ja eläinten kasvatustapa vaikuttavat tuotettujen elintarvikkeiden sisäiseen laatuun selvästi. Biologisella viljelyllä tuotetut tuotteet ovat laadultaan tavanomaisen viljelyn tuotteita parempia. Laatu huononee edelleen kuta yksipuolisemmaksi ja lajin luontaisista kasvuoloista poikkeavammiksi menetelmät muuttuvat. Myös torjunta- ja säilöntäaineet vaikuttavat herkästi laatua heikentävästi (Köhler ym. 1991, Popp ym. 1992).

## 2. Käytännön esimerkkejä ja tutkimustuloksia

Biologista maanparannusta on harjoitettu maanviljelyksessä niin kauan kuin ihmiskunta on maata viljellyt. Siitä kertynyt kokemus on siten mittamaton. Myös asiaa koskeva tutkimustieto on mittava. Monet metsänparannustoimenpiteet ovat saaneet vahvoja vaikutteita maanviljelyksestä, ja vuorovaikutus on jatkuvasti säilynyt elävänä ja antoisana. Jatkossa maatalouden sinänsä hyvin mielenkiintoiset ja puhuttelevat esimerkit rajataan pois ja tarkastelussa keskitytään biologisen maanparannuksen metsätaloudellisiin sovelluksiin.

### 2.1 Turvemaiden metsänparannus

Biologisesta metsänparannuksesta on vuosikymmenien kokemukset turvemaidella. Tunnetuinta osaa edustaa turvemaiden vesitalouden järjestely kuivatuksen avulla. Vähemmälle huomiolle ovat jääneet turvemaiden saveus, hiekoitus, kalkitus ja tuhkalannoitus (Malmström 1952, Lukkala 1951, 1955, Silfverberg ja Huikari 1985). Suometsien fosforilannoitteena on jo pitkään käytetty pääasiassa hidasliukoista raakafosfaattia, ja viime vuosina on virinnyt koetoiminta hidasliukoisen apatiitin ja flogopiitin käytöstä turve- ja kivennäismaiden metsänlannoituksessa (Karsisto 1977, Silvola ym. 1985, Penttilä ja Moilanen 1987, Lindholm ja Vasander 1988, Martikainen ym. 1988, Kaunisto ym. 1993).

Savella ja hiekalla on turvemaidella saatu hitaasti käynnistyvä, mutta pitkäaikainen metsänkasvua parantava vaikutus. Lannoitusreaktion nopeus ja voimakkuus ovat riippuvaisia suotyypistä ja lisättävän maa-aineksen ravinteisuudesta. Kalkituksella on voitu pienentää pintaturpeen happamuutta, mutta metsänkasvuun vaikutus on ollut odottamattoman pieni (Malmström 1952, Lukkala 1951, 1955). Hidasliukoisilla apatiitilla ja flogopiitilla on puolestaan ollut hitaahkosti käynnistyvä, mutta pitkäaikainen kasvuvaiikutus, joka on samaa suuruusluokkaa tai jopa parempi kuin vastaavia ravinteita sisältävien helppoliukoisten lannoitteiden (Karsisto 1977, Lindholm ja Vasander 1988, Kaunisto ym. 1993).

Puuntuhan vaikutukset turvemaidella ovat keskeisiä metsänparannustutkimuksen historiassa, ja ne tunnetaan hyvin. Puuntuhkalla saadaan aikaan suhteellisen hitaasti käynnistyvä, pitkäaikainen ja voimakas kasvureaktio soilla, joiden turpeessa on runsaasti orgaaniseen ainekseen sitoutunutta tyypeä, jonka mobilisaatiota kuitenkin rajoittaa kalin, fosforin ja hivenaineiden puute sekä alhainen pH. Puuntuhkassa turpeeseen lisätään puuttuvia pää- ja hivenravinteita ja sen emäksiset aineet nostavat pH:ta niin, että

vilkas pieneliöstötoiminta tulee mahdolliseksi. Tämän seurauksena kasvupaikan ravinnetalous saadaan puiden kasvulle erittäin suotuisaksi (Malmström 1952, Lukkala 1951, 1955, Huikari 1953, Karsisto 1979, Silfverberg ja Huikari 1985). Erityisen tarkasti puuston kasvureaktiota siihen vaikuttavine syineen on tutkittu Muhoksen Leppiniemessä v. 1947 puuntuhkalla lannoitetulla kokeella (Silfverberg ja Hotanen 1989). Tämän lisäksi puuntuhkalannoitusta on käytetty hyvällä menestyksellä ravinneperäisten kasvuhäiriöiden torjunnassa (Reinikainen 1980, Veijalainen ym. 1984).

Turpeentuhkan soveltuvuudesta metsänkasvatukseen on olemassa vähän ja lyhytaikaisia kokeita, mutta tähänastiset tulokset ovat samansuuntaisia puuntuhkan kanssa. Turpeentuhkan käyttöarvoa metsänlannoituksessa heikentää sen sisältämien ravinteiden - fosforia lukuunottamatta - alhainen pitoisuus sekä ravinteiden vaikealiukoisuus. Suurimpana puutteena on vähäinen kaliumpitoisuus, joka on usein alle kymmenesosan hyvänlaatuisen puuntuhkan kaliumpitoisuudesta. Myös ns. emäksisiä kationeja (Ca ja Mg) on turpeentuhkassa selvästi vähemmän kuin puuntuhkassa (Silfverberg 1988).

Turpeentuhkalla on tehty laaja-alaisia käytännön lannoituksia etupäässä turvemaiilla mm. Oulun ja Kajaanin kaupunkien sekä Metsähallituksen Ilomantsin hoitoalueen mailla. Oulun kaupungin maille tehtyjen turpeentuhkalannoitusten vaikutus on ollut puustolle edullinen. Tehtyjen mittauksien mukaan turpeentuhkalannoitus alkoi lisätä turvemaiilla männyntaimikoiden pituuskasvua 3 - 4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Varttu-neissa metsiköissä turpeentuhkalannoituksen vaikutus oli selvin korpikuusikoiden sädekasvussa. Myös turvemaiden kasvatusmänniköissä sädekasvu lisääntyi lyhytaikaisesti. Turpeentuhkalannoitus lisäsi myös puiden neulasten fosfori- ja kalsiumpitoisuutta (Silfverberg ja Issakainen 1987).

## 2.2 Kivennäismaiden metsänparannus

Turvemaiden tuhkalannoituskokeilta saadut tulokset eivät ole suoraan rinnastettavissa kivennäismaille, koska niiden ravinnetalous on erilainen. On luonnollista, että tuhkalannoitus parantaa puuston kasvua turvemaiilla, sillä näillä on yleisesti puutetta kaliumista, fosforista ja monista hivenaineista, joita tuhkassa on runsaasti tasapainoisessa ja kasveille käyttökelpoisessa muodossa (Malmström 1952, Müller 1983). Lisäksi turpeen pH:n kohoaminen tuhkalannoituksen seurauksena parantaa turpeen omien ravinnevarojen mobilisaatiota (Huikari 1952, Karsisto 1979).

Kivennäismailla ravinteita on tyypeä lukuunottamatta yleensä riittävästi puuston tarpeisiin nähden. Tuhkalannoituksella saattaa kuitenkin olla välillinen kasvuoloja parantava vaikutus, koska sen sisältämät emäksiset aineet pienentävät maan happamuutta ja nopeuttavat täten hajoitustoimintaa sekä parantavat ravinteiden saatavuutta (Lucas & Davis 1961, Moore & Moore 1976). Kivennäismaiden tuhkalannoitusta onkin parempi tarkastella enemmän maanparannuksen ja maaperän biologisen aktiivisuuden kuin ravinteiden lisäyksen näkökulmasta, millä turvemaiilla on keskeinen merkitys. Tämä on viime aikoina tullut esille ns. terveyslannoitusten myötä, joissa lannoituksen keskeisin tarkoitus ei ole puuston kasvun suora lisääminen, vaan ympäristön epäpuhtauksien haittavaikutusten torjunta, mikä tietenkin epäsuorasti vaikuttaa myönteisesti myös kasvuun.

Kangasmailla puuston kasvua eniten rajoittava tekijä on käyttökelpoisen typen määrä. Vaikka metsämaan puiden juuristokerroksessa on yleensä tyypeä 2 - 3 t/ha, on ongelmana tyyppiyhdisteiden liian hidas mineralisoituminen (Viro 1969). Kuitenkaan liukoisen typen ja kaliumin saatavuutta puille ei ole pystytty lisäämään alentamalla maan happamuutta kalkituksella (Derome 1990). Puuston kasvuun kalkitus on vaikuttanut kielteisesti (Popovic ja Andersson 1984, Derome ym. 1986). Kaikesta päätellen kalki-

tus on niin yksipuolinen toimenpide, että se häiritsee puiden ravinnetaloutta ravinteiden kemiallisen ja biologisen sitoutumisen, antagonismin, liukoisuuden ja pieneliöstön sekä pintakasvillisuuden kilpailun lisääntymisen kautta (Nihlgård 1988, Persson 1988, Derome 1990, Lipas 1990). Tässä suhteessa tuhkalannoitus monipuolisen ravinnesisälön ansiosta todennäköisesti toimii paremmin.

Metsäntutkimuslaitoksessa on 1970-luvun loppupuolelta lähtien perustettu hyvin monipuolisia tuhkakokeita, mistä huomattava osa Muhoksen tutkimusasemalta käsin. Niissä on käytetty puun-, kuoren- ja turpeentuhkaa erilaisilla kasvupaikoilla. Pääosa kokeista on perustettu turvemaille, mutta joitakin esimerkkejä löytyy kivennäismailta-kin. Kokeissa on tavallisesti käytetty tuhkaa ennen kaikkea typpipitoisten väkilannoitteen ohessa kivennäis- ja hivenravinteiden lähteenä. Pelkän tuhkakäsittelyn saaneita koeruutuja on olemassa valitettavan harvassa, mikä tietenkin vaikeuttaa biologisen aspektin tarkastelua. Joka tapauksessa kokeiden vanhetessa niistä on odotettavissa mielenkiintoisia tuloksia.

Kuivan kankaan tuhkalannoituskokeella Muhoksen tutkimusalueella puuntuhkalla samoin kuin Algomin-leväkalkilla saatiin urealannoituksen yhteydessä selvä kasvureaktio. Turpeentuhkalla kasvureaktio oli edellisiä pienempi. Pelkkää turpeentuhkaa käytettäessä kasvureaktio parani tuhka-annoksen kasvaessa. Vastaavasti Ruokolahden kuivahkon kankaan lannoituskokeessa puuntuhkalla saatiin aikaan kasvunlisäys urealannoituksen yhteydessä. Suurimmalla tuhka-annoksella (5 tn/ha) saatiin yksinään sama lannoitusreaktio kuin 220 kg/ha urealannoituksella (Saramäki ja Sisula 1991).

Kajaanin kaupungin tuhkakokeilla turpeentuhkakäsittelyn aiheuttamat kasvureaktiot ensimmäisenä 5-vuotiskautena jäivät pieniksi ja osin ristiriitaisiksi (Oikarinen ja Pasanen 1993). Vain nuorena kuivahkon kankaan männikössä suurimmalla 12 tonnin hehtaariannoksella saatiin tilastollisesti merkitsevä kasvunlisäys aikaan. Oikarinen ja Pasanen (1993) tarkastelivat tuhkakäsittelyn kalkkivaikutusta ja vertasivat sitä kalkituskokeiden antamiin tuloksiin. Turpeentuhkan aiheuttama puuston kasvureaktio viittaa siihen suuntaan, että se on kalkkia parempi happamoitumisen torjunta-aine.

Ennen keinolannoitteiden yleistymistä suoturvetta käytettiin hyvällä menestyksellä kivennäismaapeltojen maanparannuksessa. Maatalouden esimerkin mukaan Muhoksen tutkimusaseman lähialueille on perustettu näytealoja ja suppeita kokeita, joissa kivennäismaalle on lisätty polttoturvesoilta kuorittua pintaturvetta. Kokeet ovat nuoria ja ne liittyvät uudistamisvaiheeseen, joten niiltä ei ole vielä olemassa mittatuloksia. Kuitenkin jo ulkoinen silmävarainen tarkastelu osoittaa, että turpeen lisäyksellä on voimakas vaikutus kasvupaikkaan.

### 3. Johtopäätöksiä

Kun Ingestadin tutkimustuloksista tehtävät johtopäätökset yhdistetään maaperä- ja kasviekologiseen tietämykseen, saadaan kuva aineen ja energian kierrosta ekosysteemisä. Biofotonitutkimuksen kautta ilmenee, miten aineen ja energian virtaan sisältyy myös informaatiota, joka kokonaisvaltaisesti ohjaa ekosysteemin elollisen osan toimintaa. Elottoman aineen ja energian käsite liittyy elollisen käsitteeseen, johon sisältyy itsesääntöisen ja omaehtoisen tietoisuuden ja toiminnan mahdollisuus. Näin rakentunut ekosysteemin käsite saa voimakasta ja laajaa tukea käytännön kokemuksista ja tieteen saavutuksista, kunhan niiden sirpaleiset tiedonmuruset saatetaan oikeaan viitekehykseen.

Viime aikoina on useilta hyvinkin arvovaltaisilta tahoilta tuotu esiin välttämättömyys siirtyä mahdollisimman pian uudistuvien luonnonvarojen ekologisesti kestävään käyttöön koko maapallon mittakaavassa. Se on ehdoton edellytys inhimilliselle hyvinvoin-

nille, jonka vaihtoehtona on ihmiskunnan eskaloitua kurjistuminen. Uudistuvat luonnonvarat ovat aina ekosysteemien tuotetta. Niiden kestävän ja inhimillisesti mielekkään käytön edellytys on jatkuvasti uudistuva, laajeneva, syvenevä ja tarkentuva ekosysteemien tuntemus.

Edellä hahmoteltu elollisen käsite johtaa akuuttiin tutkimustarpeeseen tieteissä, jotka tutkivat elollista luontoa perusteiden tai sovellusten tasolla ts. biologiassa sanan laajimmassa merkityksessä, sen sovelluksissa maa- ja metsätaloudessa ja ihmistieteissä, minkä keskeinen sovellusalue on lääketiede. Epäilemättä kaikilla näillä tieteenaloilla on valtavasti tietoa, joka sopii ristiriidattomasti elollisen käsitteeseen. Kun se kootaan mielekkääseen viitekehukseen, saadaan kustakin tieteenalasta kokonaiskuva, jonka perusteella uudet tutkimustarpeet nähdään entistä selkeämmin. Jokainen tieteenala on valtava kokonaisuus, minkä hahmottaminen vaatii erikoistumista. Seuraavassa tarkastelen lähemmin metsäntutkimuksen näköaloja biologisen metsänparannuksen näkökulmasta.

Viitteet biologisen metsänparannuksen tehosta ovat vakuuttavat. Turvemaiden vesitalouden järjestely, tuhkalannoitus, hiekoitus ja saveus ovat antaneet erinomaisia tuloksia. Tuhkan, kuonan, raakafosfaatin, biotiitin ja flogopiitin käyttöä koskeva koetoiminta on ollut vilkasta ja se antanee tulevaisuudessa riittävästi tietoa maanparannusvaikutuksista. Kivennäismaan lisäämisen vaikutusta turvemaiden metsänkasvuun selvittävät kokeet sen sijaan ovat hyvin suppeita ja ajoittuvat soiden metsänparannustoiminnan alkuun. Niiden osalta koetoiminnan tehostamiseen on tarvetta.

Kivennäismaiden tuhkakokeet ovat vielä liian suppeita ja yksipuolisia. Varsinkin puhtaista tuhkakokeista on puutetta. Oma lukunsa on turpeen käyttö kangasmaiden metsänparannuksessa. Kokemukset siitä perustuvat muutamiin nuoriin koe- ja näytealoihin, mutta niiden antamat viitteet ovat niin lupaavia, että koetoiminnan tehostaminen on paikallaan. Nämä tutkimukset ovat hyvin ajankohtaisia, sillä bioenergian lähteenä turpeen ja puun käyttö tulee lisääntymään. Turvevarojen joustava ja tarkoituksenmukainen hyötykäyttö edellyttää turpeen käyttömahdollisuuksien tuntemista myös kangasmaiden metsänparannuksessa. Sama tilanne on tietenkin biopolttoaineiden käytössä syntyvien erilaisten tuhkien kohdalla. Kolmas tekijä, joka puoltaa pikaisesti perustettavia riittävän monipuolisia kokeita, on kyseisen koetoiminnan pitkäjänteisyys. Vanhimmat tuhkalannoituskokeet ovat lähes 50 vuoden ikäisiä, mutta siitä huolimatta metsänparannusvaikutus jatkuu niillä voimakkaana. Hiekoitus- ja saveuskokeiden kohdalla on ilmeisesti paikallaan puhua pysyvästä kasvupaikan parantumisesta metsänkasvatusta silmällä pitäen. Nämä seikat tulee myös ottaa huomioon kokeiden käytännöllisiä ja taloudellisia ulottuvuuksia arvioitaessa.

#### 4. Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T. 1940. Metsämaa. WSOY. Porvoo, Helsinki. 615 s.
- Derome, J. 1990. Effects of forest liming on the nutrient status of podzolic soils in Finland. Julkaisussa: IUFRO Management of nutrition in forests under stress. Sept. 18-21. 1989. Water, air and soil pollution.
- , Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. National Swedish Environmental Protection Board. Report 3084. 107 s.
- Epstein, M. 1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. John Wiley and Sons, New York. 412 s.
- Huhta, V., Haimi, J., Setälä, H., Boucelham, M., Martikainen, E. & Tyynismaa, M. 1989. Maaperäeläinten merkitys tuoreen kangasmetsän hajotuksessa, ravinnekierrossa ja maannostumisessa. Suomen Akatemian tutkimussopimuksen loppuraportti. Jy-



- väskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 56. 41 s. ISSN 0357-5535. ISBN 951-680-187-0.
- Huikari, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 42(2): 1-18.
- Ingestad, T. 1977. Hur bör den konventionella gödslingmetodikens förändras - och varför. Julkaisussa: Skogsgödsling nu och i framtiden - en lägesorientering. Kungl. skogs- och lantbruksakademiens tidskrift. Suppl. 11:43-51. ISSN 0075-7233.
- Karsisto, K. 1977. Kotimaisten fosforirikasteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Summary: Possibilities of native phosphate concentrates in fertilizing peatland forests. *Suo* 28(2): 43-46. ISSN 0039-5471.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobien aktiivisuuteen suometsissä. Osa 2. Tuhkalannoituksen vaikutus. Summary: Effect of forest improvement measures on the activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatland. Part 2. Effect of ash fertilisation. *Suo* 30(4-5):81-91.
- Kaunisto, S., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosforin ja kaliumin lähteenä suomänniköissä. Summary: Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium sources in peatland pine stands. *Folia Forestalia* 810. 30 s. ISBN 951-40-1309-3. ISSN 0015-5543.
- Köhler, B., Lambing, K., Neurohr, R., Nagl, W., Popp, F.A. und Wahler, J. 1991. Photonemission - Eine neue Methode zur Erfassung der "Qualität" von Lebensmitteln. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 3:78-83.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1988. Effect of readily and slowly soluble PK and NPK fertilizers on the growth of Scots pine on a drained raised bog in southern Finland. *Proceedings of the 8th International Peat Congress, USSR, Leningrad*. 3:122-144.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorin puute kangasmaan kuusikossa. Abstract: Lime-induced boron deficiency in Norway spruce on mineral soils. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 352. 22s. ISBN 951-40-1097-3. ISSN 0358-4283.
- Lucas, R.E. and Davis, J.F. 1961. Relationships between pH-values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science* 92: 177-182.
- Lukkala, O.J. 1951. Kokemuksia Jaakkoin-suon koeojitusalueelta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 39(6):1-53.
- 1955. Maanparannusaineet ja väkilannoitteet metsäojituksen tukena. Summary: Soil improving substances and fertilisers as an aid to forest drainage. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 6-7:189-191, 8:273-276.
- Malmström, C. 1952. Svenska gödslingförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(17). 26s.
- Martikainen, P. J., Aarnio, T., Taavitsainen, V-M., Päivinen, L. & Salonen, K. 1989. Mineralization of carbon and nitrogen in soil samples taken from three fertilized pine stands: Long-term effects. *Plant and Soil* 114: 99-106.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1979. Principles of plant nutrition. 2. edition. International Potash Institute. Bern. 593 s.
- Moore, J.W. & Moore, E.A. 1976. Environmental Chemistry. Academic Press. New York. 499 s.
- Müller, M. 1983. Puuntuhkan vaikutus puna-apilannurmen typpitalouteen. Teoksessa: Biologinen typensidonta peltokasvien viljelyssä. Suomen Akatemian tutkimustutkimuksen nro 383 loppuraportti: 294-313.
- Mälkönen, E. 1979. Kangasmaiden lannoitustutkimus. Summary: Research on forest fertilization on mineral soils. *Folia Forestalia* 400: 20-28.
- Niemi, M. 1986. Hyödylliset juuristomikrobit. *Luonnon Tutkija* 90(1): 53-57.
- Nihlgård, B. 1988. Kalken-marken-trädet. Summary: Liming-soil-tree. Kungl. skogs- och lantbruksakademiens tidskrift. Suppl. 22: 19-26. ISSN 0075-7233.
- Oikarinen, M. & Pasanen, J. 1993. Turpeentuhan vaikutuksesta kivennäismaalla. Käsi- kirjitys Muhoksen tutkimusasemalla. 15 s.
- Paavilainen, E. 1979. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s. ISBN 951-26-1764-1.



- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoituksessa Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278: 136-148. ISBN 951-40-0832-4. ISSN 0358-4283.
- Persson, T. 1988. Kalken, markkbiologin och markens kväveutbud. Summary: Liming, soil biology and nitrogen mineralisation. Kungl. skogs- och lantbruks-akademiens tidskrift. Suppl. 22: 37-46. ISSN 0075-7233.
- Pietiläinen, P. ja Tervonen, M. (toim.) 1980. Tuhka metsänlannoitteena. Muhoksen tutkimuskeskuksen tiedonantoja 20. 42 s. ISBN 951-40-0482-5.
- Popp, F.A., Warnke, U., Koenig, H.L. & Peschka, W. (ed.). 1989. Electromagnetic bio-information. 2. ed. Urban & Schwarzenberg. München, Baltimore. 259 s.
- , Li, K.H. and Gu, Q. (ed.). 1992. Recent advances in biophoton research and its applications. World Scientific. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong. 504 s.
- Popovic, B. & Andersson, F. 1984. Markkalkning och skogsproduktion. National Swedish Environmental Protection Board. Report 1792. 107 s.
- Puustjärvi, V. 1986. Kasvien omatoimisuus alustansa ravinteisuuden säätelijänä. Puutarha 89(11): 662-664.
- Raudaskoski, M. 1984. Ritsosfääri. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 40: 83-95.
- Rautavaara, T. 1976. Luonnonmukainen viljely. Bios ry. Helsinki.
- Reinikainen, A. 1980. Tuhkalannoituksen ekologiaa. Muhoksen tutkimuskeskuksen tiedonantoja 20: 24-27. ISBN 951-40-0482-5.
- Saramäki, J. & Sisula, P. Tuhkalannoitus kivennäismaalla. Teoksessa: Mäkkeli, P. ja Hotanen, J.-P. (toim.). Metsänkasvatuksen perusteet turve- ja kivennäismailla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 383: 82-83. ISBN 951-40-1159-7. ISSN 0358-4283.
- Setälä, H. & Huhta, V. 1991. Soil fauna increase *Betula pendula* growth: laboratory experiments with coniferous forest floor. Ecological Publications. Ecological Society of America. Tempe, Arizona. 72(2): 665-671.
- Silfverberg, K. 1988a. Erilaisten tuhkien ominaisuuksista ja käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 295: 56-62. ISBN 951-40-0815-4. ISSN 0358-4283.
- 1988b. Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 106-115. ISBN 951-40-1014-0. ISSN 0358-4283.
- & Hotanen, J.P. 1989. Puuntuuhkan pitkäaikaisvaikutukset ojitetulla mesotrofisella kalvakkanevalla Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Long-term effects of wood-ash on a drained mesotrophic Sphagnum papillosum fen in Oulu district, Finland. Folia Forestalia 742. 23 s. ISBN 951-40-1082-5. ISSN 0015-5543.
- & Huikari, O. 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemaidilla. Summary: Wood-ash fertilization on drained peatlands. Folia Forestalia 633. 25 s. ISBN 951-40-0716-6. ISSN 0015-5543
- & Issakainen, J. 1987. Turpeentuuhkan vaikutuksesta puuston kasvuun ja ravinnetilaan käytännön lannoitustyömaalla. Summary: Growth and foliar nutrients in peat-ash fertilized stands. Suo 38(3-4): 53-62. ISSN 0039-5471.
- 1991. Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin. Summary: Effects of ash fertilization on forest berries. Folia Forestalia 769. 23 s. ISBN 951-40-1139-2. ISSN 0015-5543.
- Silvola, J., Välijoki, J. & Aaltonen, H. 1985. Effect of draining and fertilization at tree ameliorated peatland sites. Acta Forestalia Fennica 191. 32 s.
- Tamm, C.O. 1977. Skogsekosystemets reaktion på växtnäringstillförsel. Julkaisussa: Skogsgödsling nu och i framtiden - en lägesorientering. Kungl. skogs- och lantbruks-akademiens tidskrift. Suppl. 11: 7-15. ISSN 0075-7233.
- Uomala, P. 1979. Mikrobit metsien tyypilannoittajina. Medisiinari 4: 51-53.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Folia Forestalia 601. 41 s. ISBN 951-40-0675-5. ISSN 0015-5543.
- Viro, P.J. 1967. Forest manuring on mineral soils. Medd. Norske Skogforsoksv. Nr. 85, Bind 23: 113-136.
- 1969. Prescribed burning in forestry. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(7). 49 s.
- 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. Folia Forestalia 138. 19 s.

## Jarmo Poikolainen

# KOSTAMUKSESTA KAINUUSEEN TULEVA ILMAN EPÄPUHTAUKSIEN LASKEUMA

### 1. Johdanto

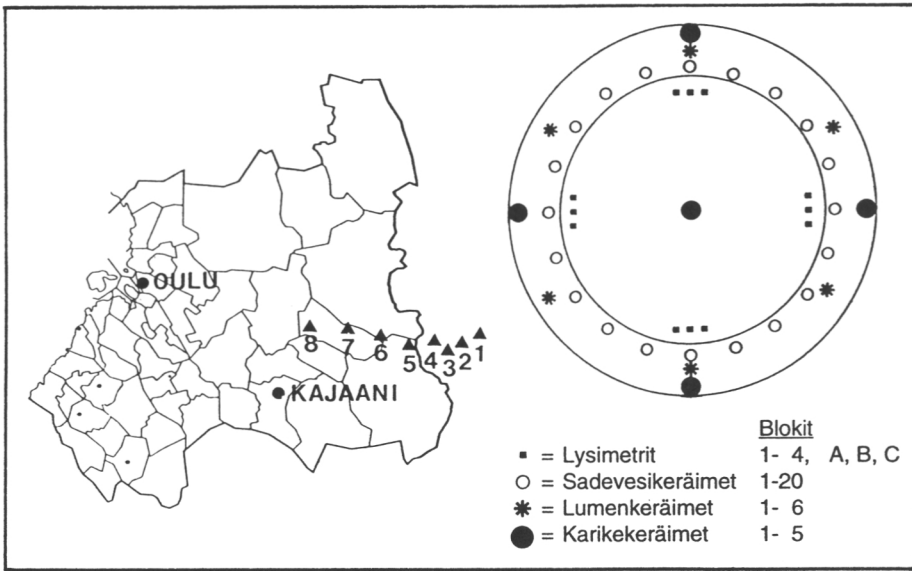
Suomen itärajan tuntumassa Venäjällä on runsaasti ympäristöä pilaavia teollisuuslaitoksia, joiden päästöt leviävät Suomeen asti. Rikkidioksidin vuosipäästöt Suomen itärajan lähistöllä nousevat arvioiden mukaan 1 200 000 tonniin (Iversen ym. 1990). Vertailun vuoksi mainittakoon, että Suomen omat rikkidioksidipäästöt jäivät vuonna 1993 alle 200 000 tonnin. Teollisuuden päästöt eivät ole Venäjän luoteisosissa viime vuosina juurikaan vähentyneet, koska teollisuuslaitoksia ei ole ollut vara uudistaa. Suomen suhteen pahimmat päästölähteet sijaitsevat Kuolassa, Pietarin alueella, Laatokan ympärillä, Petroskoin -Kontupohjan alueella ja Kostamuksessa. Oulun läänin ympäristön tilan kannalta Kostamuksen kaivoskombinaatti on näistä läheisyytensä vuoksi pahin uhka.

Kostamuksen kaivoskombinaatti sijaitsee Kuhmon korkeudella vain noin 40 km:n päässä Suomen itärajasta. Kaivos rikastamolaitokseen rakennettiin pääosin suomalaisten toimesta 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa. Kaivoskombinaatin rikkidioksidipäästöt ovat noin 65 000 tn ja pölypäästöt noin 5 000 tn vuodessa. Pääosa rikkipäästöistä syntyy raudan poltossa. Rikastamon korkeista piipuista päästöt leviävät laajalle alueelle. Viitteitä päästöjen ulottumisesta Kainuuseen on saatu erilaisissa ympäristön tilan kartoituksissa (mm. Manninen ym. 1989 a ja b, Kubin 1990).

Metsäntutkimuslaitos aloitti vuonna 1991 hankkeen ”Karjalan metsien terveydentilan seuranta”, jossa on tarkoitus selvittää Karjalan kannaksen ja Kaakkois-Suomen alueelle tulevan laskeuman määrää ja laatua sekä laskeuman vaikutuksia metsiin. Vuonna 1992 hanketta laajennettiin Kostamuksen ja Kainuun alueelle, missä tutkitaan Kostamuksen kaivoskombinaatin päästöjen vaikutuksia metsiin yhteistyössä Karjalan tiedokeskuksen metsäinstituutin kanssa. Näillä näkymin tutkimukset jatkuvat vuoteen 1996 asti. Tutkimusten perustan muodostavat laskeumamittaukset. Toisen pääosan hankkeessa muodostavat tutkimukset laskeuman vaikutuksista metsäekosysteemiin. Tässä julkaisussa esitetään ensimmäisen tutkimusvuoden laskeumatuloksia syyskuun 1992 ja elokuun 1993 väliseltä ajalta.

### 2. Tutkimusmenetelmät

Kostamuksen kaivoskombinaatista länteen perustettiin elokuussa 1992 kahdeksan koealaa, joista neljä sijaitsee Karjalassa ja neljä Kainuussa. Läntisin koeala Hyrynsalmella on 114 km:n päässä kombinaatista. Koealat on perustettu kuivan tai kuivahkon kannaan mäntymetsiin, joissa maaperä on mahdollisimman kivetöntä. Koealat ovat ympyränmuotoisia käsittäen 300 m<sup>2</sup>:n suuruisen varsinaisen koealan ja samansuuruisen vaippa-alueen. Laskeuman mittaamiseen käytettävät keräyslaitteet sijaitsevat vaippa-alueella (kuva 1, Derome ym. 1992). Vapaan sadannan keräystä varten on jokaisen metsäkoekalan läheisyydessä keräyspiste avoimella paikalla.



Kuva 1. Koealojen sijainti ja koealakaavio metsäkoelasta.

Sadevesinäytteet laskeuman määrittystä varten haetaan kuukausittain erikseen metsäkoeloilta (= metsikkösadanta) ja avoimilta paikoilta (= vapaa sadanta). Jokaisella metsäkoelalla on 20 sadevedenkeräijää ja avoimella paikalla viisi sadevedenkeräijää (kuva 1). Talvikauden laskeuma mitataan luminäytteistä. Sitä varten jokaisella metsäkoelalla on kuusi ja avoimella paikalla kaksi lumikeräintä. Maaperän happamuuden ja ravinnetilan vaihteluiden selvittämiseksi kerätään maavettä metsikköaloilta 12 vajovesilysimetrillä kolmelta eri syvyydeltä (5 cm, 20 cm ja 40 cm).

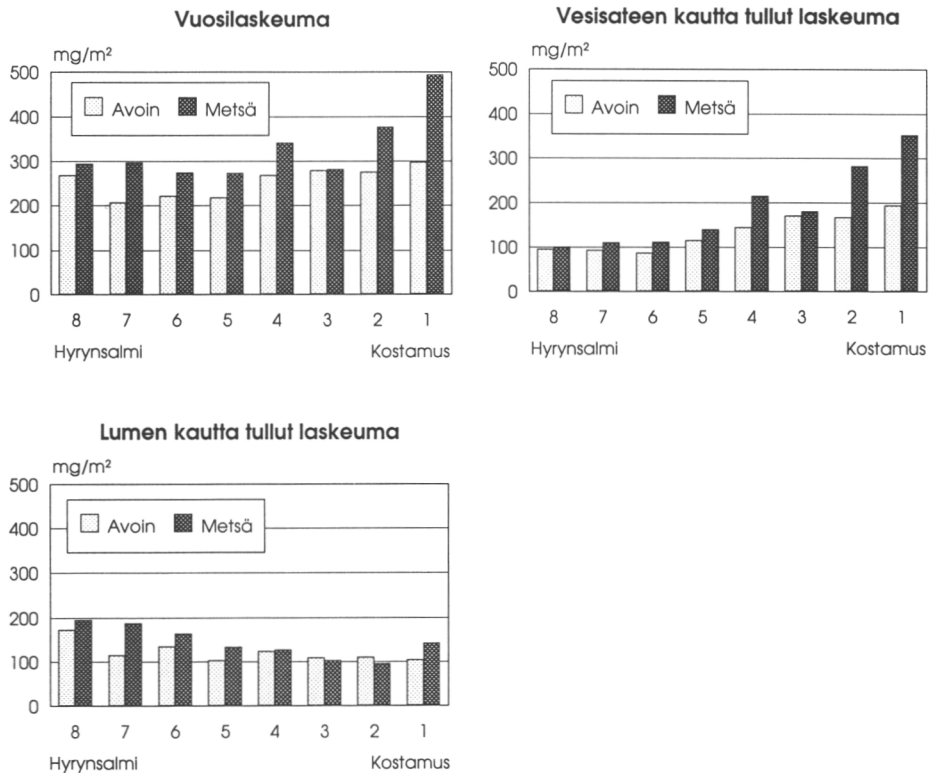
Vesinäytteistä määritettiin pH ja johtoluku tavallisella pH-mittarilla. Kokonaisrikin, sulfaattirikin, ammoniumtypen, nitraattitypen, kalsiumin, kaliumin, magnesiumin, natriumin ja kloridin pitoisuudet mitattiin ionikromatografilla (IC) ja plasmaemissiospektrofotometrillä (ICP/AES). Eri aineiden vuosilaskeumat milligrammoina neliometriä kohti on laskettu kuukausinäytteiden pitoisuuksista.

Raskasmetallilaskeumaa tutkitaan Kostamus - Kainuu-linjalla bioindikaattorien avulla. Bioindikaattoreina käytetään kerros- ja seinäsammalta (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*), sormipaisukarve-jäkälää (*Hypogymnium physodes*) ja männyn kaarnaa. Tässä julkaisussa on tuloksia vain männyn kaarnan raskasmetallipitoisuuksista. Kaarnanäytteet kerättiin kesällä 1992 kaikilta koealoilta viidestä eri männystä rinnankorkeudelta. Analyysija varten kaarnanäytteistä erotettiin kaksi grammaa pintakaarnaa (< 3 mm). Sen jälkeen näytteet kuivattiin, jauhettiin ja märkämpöletettiin typpi-perkloorihappoliuoksessa. Näytteistä määritettiin yleisimpien raskasmetallien (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Ti, V ja Zn) pitoisuudet plasmaemissiospektrofotometrillä (ICP/AES).

### 3. Tulokset

#### 31. Sulfaattirikin laskeuma

Märkälasseumassa pääosa rikistä on sulfaattimuodossa ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ). Tutkimuslinjalla sulfaattirikin vuosilaskeuma oli suurin lähellä kaivoskombinaattia, vapaassa sadannassa noin  $300 \text{ mg/m}^2$  ja metsikkösadannassa noin  $500 \text{ mg/m}^2$  (kuva 2). Sulfaattirikin laskeuma



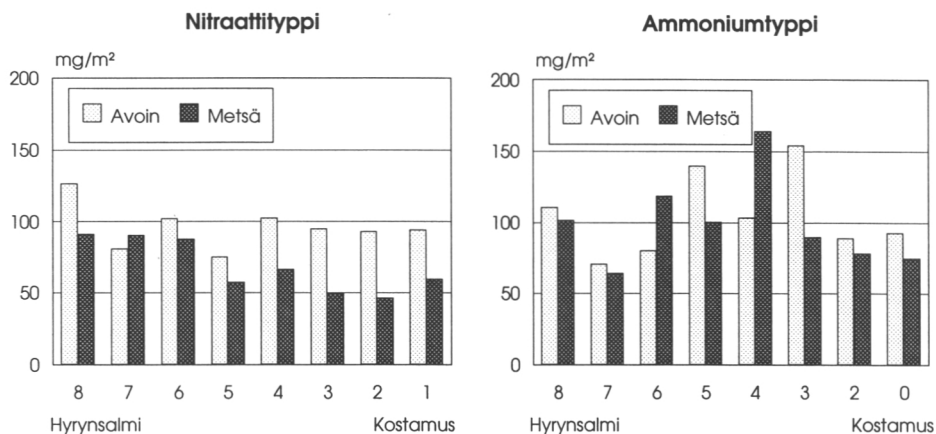
Kuva 2. Sulfaattirikin vuosilaskeuma sekä vesisateen ja lumen kautta tullut laskeuma Kostamus - Kainuu -linjalla (syyskuu 1992 - elokuu 1993).

väheni länteenpäin niin, että Kainuussa se oli enää runsaat 200 mg/m<sup>2</sup> vapaassa sadannassa ja noin 300 mg/m<sup>2</sup> metsikkösadannassa. Kainuun koealojen välillä ei sulfaattirikin vuosilaskeumassa ollut enää suuria eroja. Ero avoimen paikan ja metsän sulfaattirikin laskeumassa johtuu pääasiassa siitä, että metsässä puihin kerääntyy poutajaksoina kuivalaskeumana rikkiyhdisteitä, jotka sateiden mukana huuhtoutuvat maahan

Sulfaattirikin laskeumassa oli kuukausien välillä suuria eroja. Suurimmat laskeumarvot mitattiin kesäkuukausina, jolloin tutkimuslinjalla todettiin selvä laskeva gradientti länttä kohti. Tällöin pääosa sulfaattirikistä laskeutui lähelle kombinaattia. Talvela sen sijaan sulfaattirikilaskeumassa ei ollut koealojen välillä suurta eroa (kuva 2). Läntisimmillä koealoilla sulfaattirikilaskeuma oli talvella jopa hieman suurempi kuin Kostamuksen puolella.

### 32. Nitraatti- ja ammoniumtyppilaskeuma

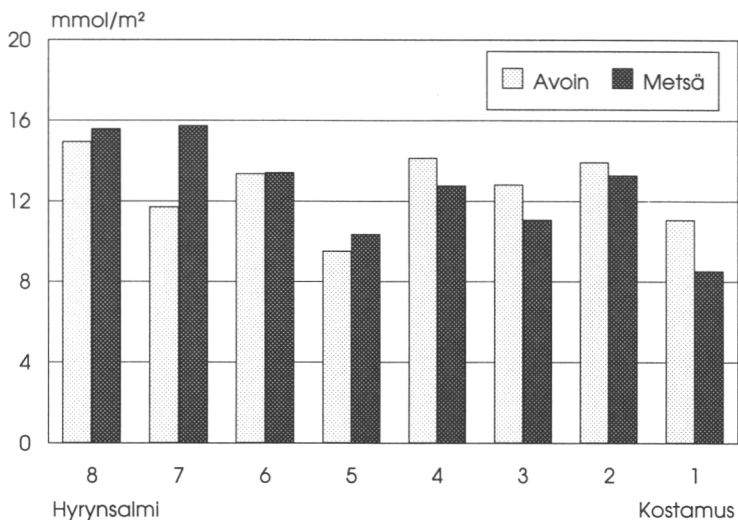
Malmin rikastuksessa syntyy jonkin verran myös tyyppiyhdisteitä. Kostamuksen kaisvoskombinaatin päästöissä niitä on kuitenkin suhteellisen vähän. Märkälasseumanäytteissä tyyppi on pääasiassa nitraatti- (NO<sub>3</sub>-N) ja ammoniummuodossa (NH<sub>4</sub>-N). Molempien laskeumamäärät jäivät tutkimuslinjalla suhteellisen vähäisiksi. Nitraattityypin keskimääräinen vuosilaskeuma vapaassa sadannassa oli 95 mg/m<sup>2</sup> ja metsikkösadannassa 70 mg/m<sup>2</sup> (kuva 3). Nitraattilaskeumasta pääosa tuli talvella. Ammoniumtyypin laskeuma oli taas suurinta kesäkaudella. Vuosilaskeuma jäi keskimäärin sekä vapaassa sadannassa että metsikkösadannassa noin 100 mg:aan m<sup>2</sup>:llä.



Kuva 3. Nitraatti- ja ammoniumtyypen vuosilaskeuma Kostamus - Kainuu-linjalla (syyskuu 1992 - elokuu 1993).

### 33. Vetyionilaskeuma

Sadeveden pH-arvoista laskettu vetyionilaskeuma kertoo metsäekosysteemiin kohdistuvasta happamoittavasta kuormituksesta. Vapaan sadannan vetyionimäärä ilmaisee sadeveden happamoittavaa vaikutusta ja metsikkösadannan vetyionimäärä latvuston läpi tulleen veden happamoittavaa vaikutusta. Keskimääräinen vuotuinen vetyionilaskeuma Kostamus - Kainuu -linjalla oli noin 12,6 mmol m<sup>2</sup>:llä sekä vapaassa sadannassa että metsikkösadannassa. Vuotuisessa vetyionikuormassa ei ollut Kainuun ja Kostamuksen koalojen välillä juurikaan eroa (12,36 ja 12,96 mmol m<sup>2</sup>:llä).

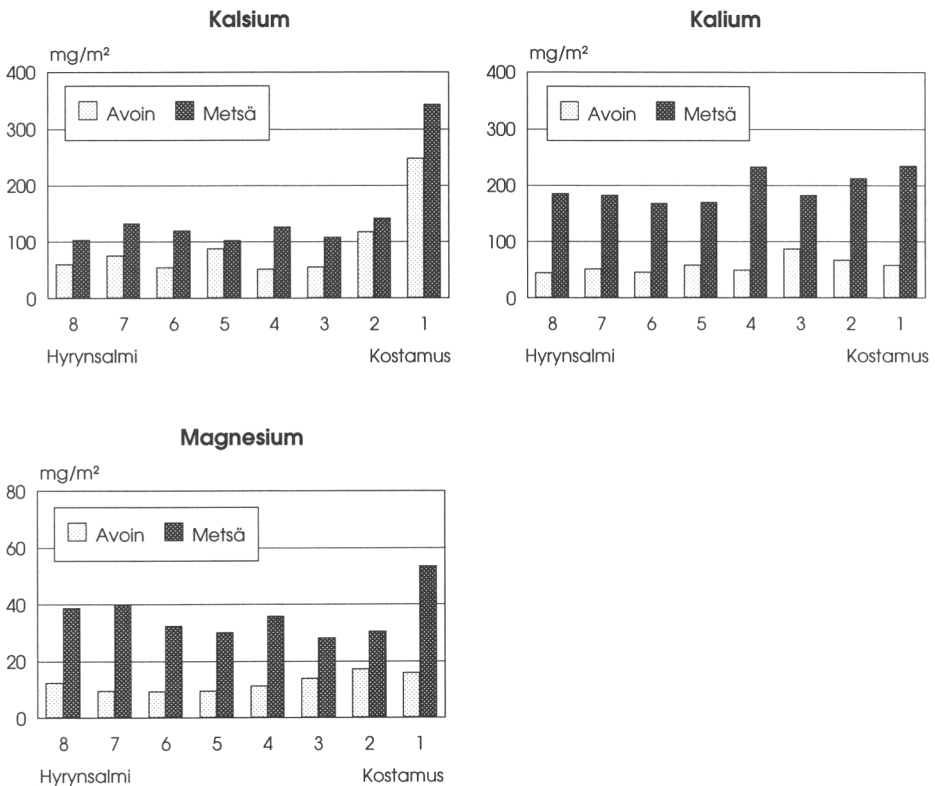


Kuva 4. Vuotuinen vetyionilaskeuma Kostamus - Kainuu -linjalla (syyskuu 1992 - elokuu 1993).

### 34. Kalsiumin, magnesiumin, kaliumin, natriumin ja kloridin laskeumat

Kostamuksen kaivoskombinaatista pääsee ilmaan suuria määriä kalsiumia. Kalsiumlaskeuma nousi lähellä kaivosta vapaassa sadannassa noin 250 mg:aan ja metsikkösadannassa 350 mg:aan m<sup>2</sup>:llä (kuva 5). Se väheni kuitenkin jyrkästi jo alle 10 km:n etäisyydellä kombinaatista. Kainuussa kalsiumlaskeuma jäi pieneksi eikä koealojen välillä ollut enää suuria eroja.

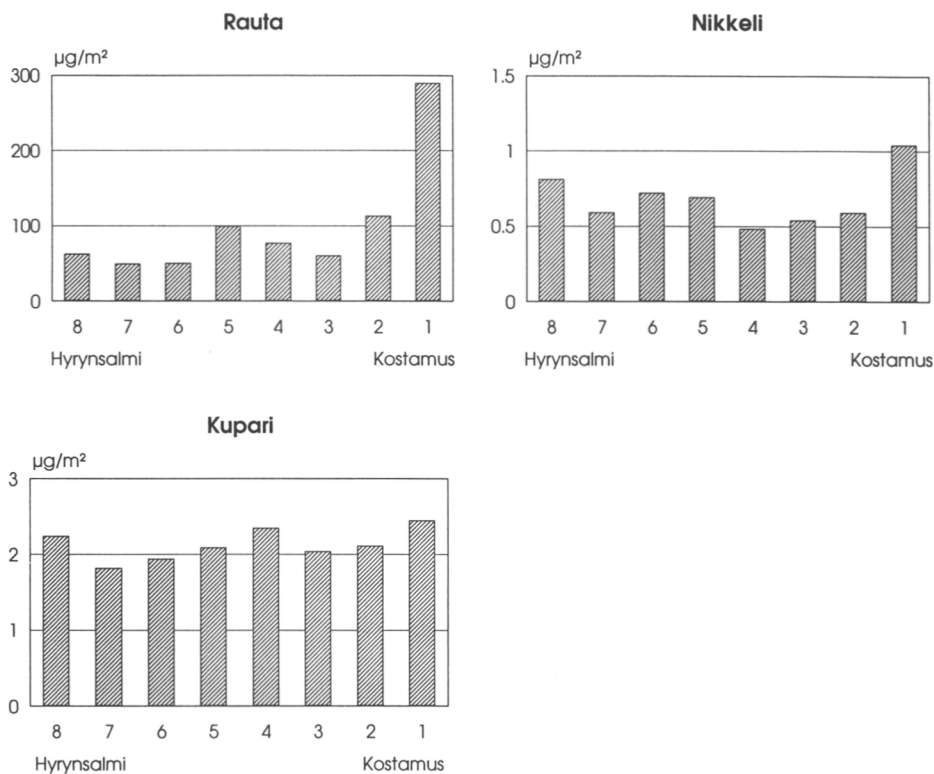
Magnesiumin, kaliumin, natriumin ja kloridin vuosilaskeumissa ei ollut suuria eroja koealojen välillä. Kaikkien näiden aineiden laskeumat vapaassa sadannassa olivat Kostamuksen puolella keskimäärin hieman korkeammat kuin Kainuussa. Suuri ero kaliumin ja magnesiumin avoimen paikan ja metsän laskeumissa johtuu siitä, että näitä aineita huuhtoutuu runsaasti mäntyjen neulasista. Metsikkösadannassa kiinnitti huomiota se, että Kainuussa natriumin ja kloridin laskeumat olivat selvästi suuremmat kuin Karjalassa.



Kuva 5. Kalsiumin, kaliumin ja magnesiumin laskeumat Kostamus - Kainuu -linjalla (syyskuu 1992 - elokuu 1993).

### 35. Raskasmetallipitoisuudet männyn kaarnassa

Tutkimukset raskasmetallilaskeumasta kaarnan avulla osoittivat, että Kostamuksesta pääsee runsaasti ilmaan rautaa, joka laskeutuu kuitenkin pääasiassa alle 10 km:n etäisyydelle kombinaatista (kuva 6). Kainuussa kaarnan rautapitoisuus jäi jo alhaiseksi



Kuva 6. Raudan, nikkelin ja kuparin pitoisuudet männyn kaarnassa Kostamus-Kainuu -linjalla.

eikä koealojen välillä ollut enää merkittäviä eroja rajan pinnassa olevaa koealaa lukuunottamatta. Myös monien läheisesti rautaan liittyvien raskasmetallien kuten titaanin, vanadiinin ja kromin sekä nikkelin pitoisuudet kaarnassa nousivat lähellä kombinaattia jonkin verran korkeammiksi kuin muilla koealoilla. Niidenkin pitoisuudet kuitenkin laskivat nopeasti jo 10 km:n sisällä kaivoksesta. Kaarnan kadmiumpitoisuus oli puolestaan Kainuun koealoilla jonkin verran korkeampi kuin Kostamuksen puolella. Muiden analysoitujen raskasmetallien (Cu, Pb, Zn) pitoisuuksissa ei ollut merkittäviä eroja koealojen välillä.

#### 4. Tulosten tarkastelu

Kainuun suurimpien päästölähteiden rikkidioksidipäästöt ovat vain muutamia satoja tonneja vuodessa. Kainuun rikkilaskeumasta suurin osa onkin peräisin alueen ulkopuolelta. Kainuun alueelle tulee kaukokulkeumana rikkiä muualta Suomesta, muista Pohjoismaista, Venäjältä ja aina Keski-Euroopasta saakka. Vallitsevista tuulista johtuen pääosa kaukokulkeumasta on peräisin läntisen Euroopan päästölähteistä. Koealoilta mitattu sulfaattirikkilaskeuman määrä on kuitenkin vain noin puolet Etelä-Suomen sulfaattilaskeumasta (mm. Kulmala ym. 1990, Järvinen & Vänni 1992, Leinonen & Juntto 1992).

Kostamuksesta Kainuun puolelle tuleva sulfaattirikkilaskeuma jäi tutkimusjakson aikana vähäiseksi suhteessa kaivoskombinaatin päästömääriin. Kostamuksesta Kainuuseen tulevaan rikin määrään vaikuttaa merkittävästi se, mikä osuus tuulista on idänpuo-

leisiä. Kun Kainuussa vallitsevia ovat lounaan ja lännen puoleiset tuulet, pääosa kombinaatin päästöistä kulkeutuu Suomesta poispäin. Joidenkin kuukausien suhteellisen korkeat laskeuma-arvot osoittavat kuitenkin, että itätuulten vallitessa sadeveden rikkipitoisuudet voivat nousta lyhytaikaisesti korkeiksi. Tuuli- ja sadeolojen vaihtelusta johtuen Kostamuksesta Kainuuseen tulevan rikin määrä todennäköisesti vaihtelee jonkin verran vuodesta toiseen. Osa rikistä voi tulla myös sellaisessa muodossa, ettei se välttämättä näy märkälaskeumamittauksissa.

Koelinjalla todettu selvä ero talvi- ja kesäkauden rikkilaskeumissa johtuu päästölähteestä ilmaan pääsevän rikkidioksidin erilaisesta käyttäytymisestä talvella ja kesällä. Kesäaikana rikkidioksidi hapettuu helposti sulfaatiksi ja sateet huuhtovat sen tehokkaasti maahan lähelle päästölähdettä. Talvella sen sijaan rikkidioksidi muuttuu ilmassa hyvin hitaasti sulfaatiksi. Rikki ei myöskään huuhtoudu lumisateiden mukana niin tehokkaasti maahan kuin vesisateiden mukana. Näistä syistä rikkipäästöt saattavat talvella kulkeutua hyvinkin kauas päästölähteestä (mm. Laurila ym. 1991). Tilanne Kainuussa on rikkilaskeuman suhteen samantapainen kuin Itä-Lapissa, jossa rikkilaskeuma jää myös suhteellisen pieneksi, vaikka itärajan takana on suuria päästölähteitä (Derome ym. 1992).

Nitraatti- ja ammoniumtyypen laskeumat Kainuussa jäivät alle puoleen Etelä-Suomeen tulevasta laskeumasta (vrt. Leinonen & Juntto 1992, Järvinen & Vänni 1992). Kostamuksen osuus Kainuun kokonaistyyppilaskeumasta jää pieneksi. Nitraattilaskeuma on niin vähäinen, että puusto ja aluskasvillisuus käyttävät sen suurelta osin ravinteenaan. Koska suurin osa nitraattitypeistä tulee talvella, se yhdessä lumeen kertyvän sulfaattirikin kanssa lisää keväisten sulamisvesien happamuutta.

Kalsiumlaskeuma kaivoskombinaatin läheisyydessä on niin suuri, että Suomessa vain Kaakkois-Suomessa on todettu suurempia kalsiumin vuosilaskeumia (Leinonen & Juntto 1992, Järvinen & Vänni 1992). Suuri kalsiumlaskeuma neutraloi Kostamuksesta tulevaa rikkilaskeumaa. Kainuun alueelle kalsiumia tulee Kostamuksesta kuitenkin enää niin vähän, että sen neutraloiva vaikutus jää pieneksi. Natriumin ja kloridin suhteellisen korkea määrä metsikkösadannassa Kainuun puolella verrattuna Kostamuksen koaloihin lienee meren vaikutusta.

Suurin osa Kostamuksen raskasmetallipäästöistä laskeutuu maahan alle 10 km:n säteellä kombinaatista. Kainuuseen raskasmetallilaskeumaa tulee Kostamuksesta vähän. Männyn kaarnan raskasmetallipitoisuudet Kainuussa olivat alhaisia. Raskasmetallilaskeuman alhaisuus Kainuussa on todettu myös koko Suomen kattavissa raskasmetallikartoituksissa sammalilla ja jäkälillä (Kubin 1990, Rühling ym. 1992). Samoin Hyrynsalmen ja Suomussalmen kunnissa ja Kuhmon kaupungissa 1980-luvun lopulla tehdyt neulanalyysit (Manninen, S. ym. 1989 a, b) osoittivat, että männyn neulasten raskasmetallipitoisuudet pysyivät yleisesti ottaen tausta-alueiden tasolla. Kostamuksesta tulee Kainuun itäosiin raskasmetalleista merkittävämminkin vain rautaa ja nikkeliä ja niitäkin todennäköisesti vain voimakkaiden itätuulten vallitessa.

## 5. Kirjallisuus

- Derome, J., Lindroos, A.-J., Niska, K. & Välikangas, P. 1992. Kokonaislaskeuma Lapissa vuonna 1990 - 1991. Abstract: Bulk deposition in Finnish Lapland during July 1990 to June 1991. Teoksessa: Kauhanen, H. & Varmola, M. (toim.). Itä-Lapin metsävaurioprojektin väliraportti. The Lapland Forest Damage Project Interim report. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 413: 39-48. ISBN 951-40-1217-8.
- Iversen, T., Halvorsen, N.E., Saltbones, J. & Sandnes, H. 1990. Calculated budgets for airborne sulphur and nitrogen in Europe. EMEP/MSC-W Report 2/90. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.



- Järvinen, O. & Vänni, T. 1992. Sadeveden pitoisuus- ja laskeuma-arvot Suo-messa vuonna 1991. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 400. 74 s. ISBN 951-47-5604-5.
- Kubin, E. 1990. A survey of element concentrations in the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* in Finland in 1985 - 86. Teoksessa: Kauppi ym. (toim.). *Acidification in Finland*. ss. 421-446. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1990.
- Kulmala, A., Leinonen, L. & Säynätkari, T. 1990. Tausta-asemien ilmanlaatu Suomessa 1980 - 1986. *Ilmansuojelun julkaisuja* 7. 201 s. Ilmatieteen laitos. ISBN 951-697-313-2.
- Laurila, T., Tuovinen, J.-P. & Lättilä, H. 1991. Lapin ilmansaasteet. Ilmatieteen laitos. Ilmanlaatuosasto. 67 s.
- Leinonen, L. & Juntto, S. (toim.). 1992. Ilmanlaatumittauksia - Air quality measurements 1991. Ilmatieteen laitos. 220 s. ISBN 951-697-374-4.
- Manninen, S., Huttunen, S. & Torvela, H. 1989a. Suomussalmen kunnan ilmansuojelun perusselvitys bioindikaattorien avulla. Moniste. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos. 26 s.
- 1989 b. Kuhmon kaupungin ilmansuojelun perusselvitys bioindikaattorien avulla. Moniste. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos. 30 s.
- Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnusson, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E. & Steinness, E. 1992. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *Nord* 1992:12. 41 s. ISBN 92-9120-015-8.

## Pentti Savilampi

# HAAVANVESAKON ENNALTA TORJUMINEN

## 1. Johdanto

Männyn versoruoste (*Melampsora pinitorqua*) on männyntaimikoiden merkittävimpiä sienitauteja. Ruostesieni talvehtii maahan pudonneissa haavanlehdissä. Itiöt leviävät alkukesästä sateisella säällä keskenkasvuusiin vielä puutumattomiin männyn vuosikasvaimiin. Haapojen lähellä männyntaimien latva- ja sivukasvaimissa on usein männyn versoruosteen itiöpesäkkeen jättämiä jälkiä, pieniä koroja, joista verso voi taittua talvella lumen painosta. Ruoste voi myös tappaa taimien nuoria kasvaimia. Useat peräkkäiset tuhot aiheuttavat taimikossa kasvutappioita ja latvanvaihdot alentavat sydänpuusta saatavan sahatavaran arvoa. Männyn versoruosteen aiheuttamia tuhoja voi estää hävittämällä haavat männyn uudistusosalta ja sen välittömästä läheisyydestä.

Haapa lisääntyy erittäin voimakkaasti juurivesojensa kautta. Kaadetun ison haavan juurista vesoja voi nousta hyvinkin runsaasti. Vesomista voidaan ehkäistä nk. kaulausmenetelmällä ja kemiallisilla torjunta-aineilla. Kaulatut puut kuolevat torjunta-aineilla käsiteltyjä hitaammin ja juurivesojen määrätkin ovat niillä pienemmät. Haavat olisi kaulattava tai taskutettava hyvissä ajoin ennen päätehakkuuta, jotta juurivesat ehtisivät tuhoutua tiheän metsän alla.

## 2. Aineisto ja menetelmät

Kesäkuun lopulla 1977 perustettiin Metsähallituksen Puolangan hoitoalueeseen haavan juurivesojen torjuntaa selvittävä koekenttä, jossa on viisi koejäsentä: koskematon vertailu, kaulaus ja taskutus, jossa oli kolmea erilaista torjunta-ainetta. Kauppanimiltään torjunta-aineet olivat Tordon ja Roundup. Garlonin saimme tehtaalta kokeiltavaksi. Kunkin käsittelyalueen koko oli noin puoli hehtaaria.

Kaulauksessa haavasta poistettiin kuori rinnankorkeudelta. Taskutuksessa haavan runkoon lyötiin vesurilla lovia, jotka täytettiin torjunta-aineella. Tordonia ja Roundupia käytettiin 5 ja 10 % seoksina, jotka osoittautuivat liian laimeiksi, mistä johtuen kaikki haavat eivät kuolleet. Garlon levitettiin 50 %:n seoksena. Käsiteltyjen haapojen keskiläpimitta vaihteli käsittelystä riippuen välillä 22 - 30 cm.

Tekohormonien ja kaulauksen vaikutusta haapojen lehvästöön seurattiin silmävaraisesti kahtena ensimmäisenä kesänä. Käytännön metsätaloudessa on usein esitetty, että puusto voidaan hakata noin kolmen kasvukauden jälkeen haapojen käsittelystä. Tällöin puiden ja juurivesojen pitäisi olla jo kuolleita. Koeruuduilta laskettiin syksystä 1979 lähtien kuolleet haavat sekä arvioitiin, paljonko elävissä puissa oli lehtiä alkupe- räisestä määrästä.

Kolmen kasvukauden jälkeen kokeen perustamisesta eli syksyllä 1979 aloitettiin vuosittain toistuneet haavan juurivesojen inventointi. Vesat laskettiin aluksi ympyrä-

koealoilta (säde 5,64 m), joiden keskipisteinä olivat ruuduilla olevat kaikki haavat. Haaparunkojen ollessa lähekkäin vesat laskettiin lähimpään haapaan kuuluvaksi. Syksystä 1982 lähtien laskettiin taimien määrä koko ruudulta. Molemmilla inventointitavoilla taimet laskettiin vuoteen 1991 saakka, jolloin vesojen määrä näytti vakiintuneen.

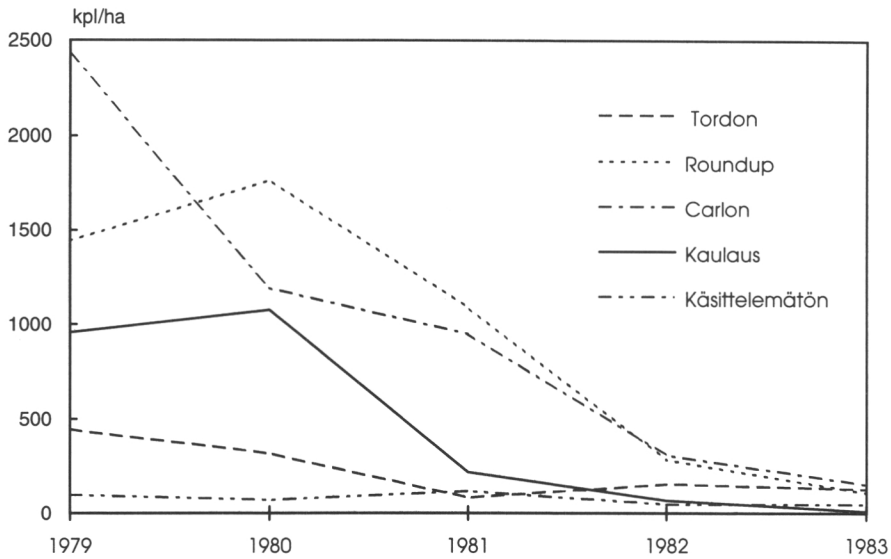
### 3. Tuloksia

Noin kuukauden kuluttua torjunta-ainekäsittelystä haavat olivat syksyn väreissä ja vuoden kuluttua osa puista oli kuollut. Kaulatuissa haavoissa ei ensimmäisenä kesänä ollut vielä havaittavissa muutoksia, mutta seuraavana keväänä lehvästö oli hieman heikentynyt. Neljäntenä kesänä kaulausruudulla oli haavoista kuollut vajaa puolet ja elävissä puissa oli lehtiä jäljellä enää vain 12 %. Garlon-ruudulla vain yhdessä puussa oli muutama vihreä lehti. Seitsemän kasvukauden jälkeen eli hakkuuta edeltävänä syksynä tehdyssä tarkastuksessa Garlon- ja kaulausruutujen haavat olivat täysin kuolleet. Tordon- ja Roundup-ruuduilla oli elossa vielä muutamia haapoja.

Koealueella oli runsaspuustoinen kuusivaltainen sekametsä (150 - 200 m<sup>3</sup>/ha), jonka alla juurivesojen määrä oli hyvin vähäinen ennen tutkimuksen aloitusta (kuva 1). Vesojen määrä lisääntyi nopeasti kaulauksen ja taskutuksen seurauksena. Työtä aloitettaessa keväällä 1977 vesojen määrää ei laskettu, mutta silmävaraisesti havaittiin, että käsittelyjen jälkeen seuraavana kesänä alueelle oli noussut paljon uutta pientä vesaa. Vuoden 1979 syksyllä juurivesoja oli eniten Garlon-ruudulla, noin 2 500 kpl/ha (kuva 2). Seuraavana vuonna vesojen määrä oli vähentynyt voimakkaasti Garlon-ruudulla, kun taas kaulausruudulla muutos oli vähäinen. Viidennen vuoden syksyyn 1981 mennessä kaulausruudun vesojen määrä oli pudonnut jyrkästi, mutta Garlon-ruudun vesojen määrä pysyi vielä lähes edellisvuoden tasolla. Seitsemännen kasvukauden jälkeen vesojen määrät olivat jo vähäiset, ja erot käsittelyjen välillä pienet (kuva 2).



Kuva 1. Kaulausruudulta otettu valokuva kevätkesällä 1977.

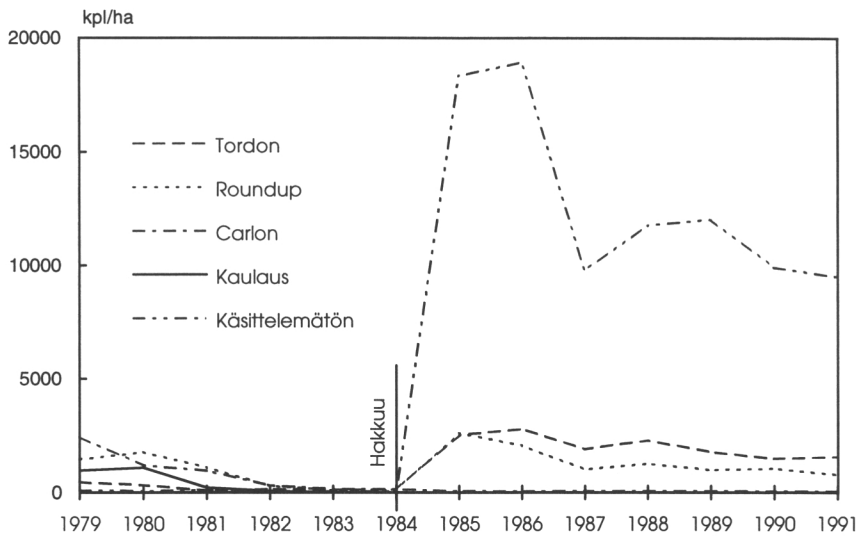


Kuva 2. Juurivesojen määrän kehitys ympyräkoealoilla (säde 5,65 m) 3 - 7 vuoden jälkeen torjuntäkäsittelystä. Koealojen keskipisteinä oli jokainen ruudulla oleva haapa.

Sekä hoitoalueen hakkuusuunnitelman että alkuperäisen tutkimussuunnitelman mukaan puusto olisi pitänyt hakata kolmen kasvukauden jälkeen kokeen perustamisesta. Leimikolle suunnitellun metsäautotien rakentamisen viivästymisen vuoksi hakkuu siirtyi neljällä vuodella eteenpäin eli kevättalvelle 1984. Seuraavan vuoden 1985 syksyn inventoinnissa vesojen määrät olivat voimakkaasti lisääntyneet käsittelemättömällä ruudulla ja jonkin verran myös kahdella laimean torjunta-aineseoksen saaneilla koealalla (kuva 3). Kaulaus- ja Garlon-ruuduilla hakkuun jälkeinen vesominen oli hyvin vähäistä, koska haavat, vesat ja juuristot olivat jo kuolleet.

Vuodesta 1982 lähtien laskettiin lisäksi ruutujen kaikki juurivesat. Niistä lasketut tulokset eivät poikenneet muodoltaan kovinkaan paljon kuvan 3 käyristä. Käsittelemättömän ruudun vesojen kokonaismäärät ovat vain jonkin verran pienempiä kuin ympyräkoealoilta lasketut. Syynä oli ympyräkoealojen sijoittuminen haavankantojen välittömään ympäristöön, jossa vesojen esiintymistiheys on suurin.

Haaparunkojen hehtaari tiheys v. 1979 oli seuraava: Tordon 23, Roundup 61, Garlon 47, kaulaus 49 ja käsittelemätön 52 kpl. Hakkuun jälkeen syksyllä 1985 käsittelemättömällä ruudulla juurivesoja oli keskimäärin 314 kpl/ha kantoa kohden. Kuudessa vuodessa luku pieneni lähes puoleen. Garlon-ruudulla vastaava luku oli koko ajan vajaa 2 kpl ja kaulausruudulla haavan vesoja ei ollut laisinkaan.



Kuva 3. Juurivesojen määrät vuosilta 1979-91. Taimet laskettu samalla tavalla kuin kuvassa 2. Hakkuun jälkeen ympyräkoealan keskipisteinä olivat vastaavat kannot.

#### 4. Yhteenveto

Männyn uudistusaloilta haavan juurivesat voidaan ennakkoon torjua kaulaamalla tai taskuttamalla elävät haavat ennen metsän päätehakkuuta. Näin puut kuolevat pystyyn. Haapojen kaulaus on tehtävä hyvissä ajoin ennen metsän päätehakkuuta. Tämän tutkimuksen mukaan kolme tai neljä vuotta ei ole riittävä aika. Tarvitaan kuusi - seitsemän vuotta, jotta haavan juurivesat ehtivät kuolla tiheän metsän alle. Näin päästään hyvään lopputulokseen.

Liian laimeana seoksena käytetyt torjunta-aineet Tordon ja Roundup antoivat selvän näytön siitä, mitä tapahtuu, jos haavat eivät ole kuolleet ennen päätehakkuuta. Juurivesoja tulee, vaikka puun elinvoima olisi heikentynytkin.

Männyn taimikolla ei ole mitään mahdollisuuksia kehittyä, jos alueella on 10 000 - 20 000 haavanvesaa hehtaarilla. Siksi metsänhoidosta vastaavan tulee tätä tutkimusta vastaavissa oloissa aloittaa vesakon ennakkotorjunta jo 6 - 7 vuotta ennen päätehakkuuta.

## Jukka Valtanen

# SIKERMÄ METSÄNHOIDOLLISIA KOKEITA JA HAVAINTOJA

Seuraavana esitettävät kymmenen koetta tai havaintoa ovat osaksi tavallista arkimetsänhoitoa (kohdat 2 ja 9), osaksi uusien tai vanhojen tietojen testaamista (1, 3, 4, 6 ja 8) ja osaksi lähinnä havaintoja (5, 7 ja 10). Vanhimmat on aloitettu vuonna 1966, ja viimeisimmät tiedot ovat syksyiltä 1993.

Monenlainen kokeilu on ollut useankin metsämiehen harrastuksena, niin kentällä toimivien kuin tutkijoittekin, päätyönsä oheen sovittamana. Nyt esitettävät kuvaavat sitä mahdollisuuksien monipuolisuutta, minkä keskellä metsäväki työtään tekee ja etsii uusia oivalluksia työtulostensa parantamiseksi.

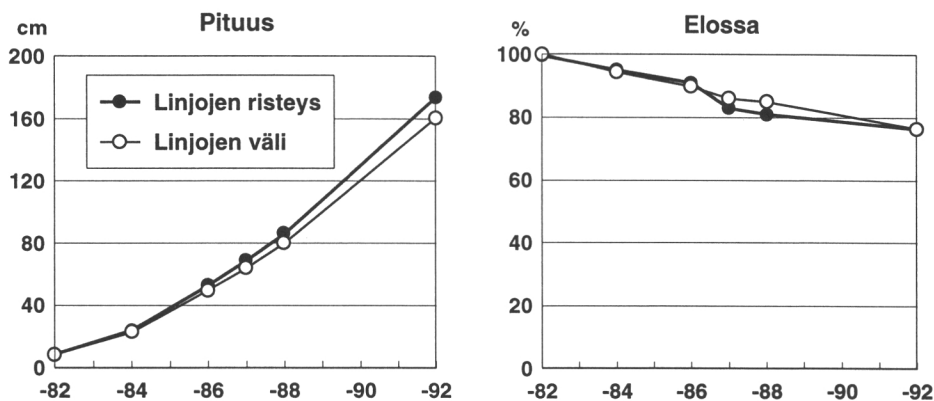
1. Maansäteilykoe
2. Jäkälämetsän uudistaminen
3. Kylvöalustan kuohkeuttaminen
4. Taimien kasvun nopeuttaminen
5. Männyn silmujen syyskasvu
6. Kantoon istutus
7. Taimen kasvu kannon lähellä
8. Keski-Suomen siemenen käyttökelpoisuus Pohjois-Suomen männynviljelyssä
9. Kuusen uudistaminen suojukspuumenetelmällä
10. Lehtikuusen alkuperävertailu

### 1. Maansäteilykoe

1970-luvun lopulla elpyi metsänhoidossa maansäteilykeskustelu, joka oli ollut hyvin vähäistä runsaan kolme vuosikymmentä. Käydessään Muhoksella Pyhänsivun luontaisen uudistamisen koekentällä MH Esko Jalkanen osoitti, miten taimia oli runsaasti 2 - 3 metrin välein linjoittain ja että ne olivat suurempia kuin linjaväleissä kasvavat taimet.

Linjat olivat hänen mukaansa G-linjoja eli maan perussäteilylinjoja. Taimet olivat 10 - 15-senttisiä. Arvelin hänen ammattikokemuksensa vaikuttavan siihen, että varpu taipuu taimitihentymien kohdalla. Toin seuraavana päivänä paikalle toimistosihteeriksi Sisko Pöykiön ja mtt Juhani Mahosenahan, joilla kummallakin ”varpu taipuu”. Eriksseen toisistaan tietämättä he kulkivat koekentällä, ja varpu taipui täsmälleen samoissa paikoissa kuin Esko Jalkasella.

Jalkasen mukaan taimet kasvavat parhaiten G-linjaverkon risteyksissä, huonommin risteysten välisillä linjaosuuksilla ja huonoimmin linjaväleissä. Taimet reagoivat säteilyyn jopa siten, että 5 - 10 cm:n päähän linjaristeyksestä istutettu taimi kasvaa ensin kallelleen risteuksen kohdalle ja lähtee vasta siitä kasvamaan vauhdikkaasti suoraan ylös.



Kuva 1. Maansäteilykoe Muhoksella 1982 - 92. Männyntaimien elossaolosadanneksen ja pituuden kehitys.

Maansäteilyn vaikutuksen testaamiseksi perustettiin Muhoksen tutkimusalueen Katkelmusahoon toukokuun lopussa 1982 koeala. Linjaston kartoittivat ja merkitsivät toimistosihiteerit Sisko Pöykiö ja Ritva Hamari. Männyntaimet istutettiin linjojen risteyksiin ja linjaväleille. Taimet olivat yksivuotisia kennotaimia 1Mk/FS-408, alkuperä Ylikiiminki ja taimitarha Nuojua. Kokeen pinta-ala oli 0,13 ha. Inventointi on tehty lähes joka vuosi. Loppuinventointi oli 5.8.1992.

### Tulos

Kahtena alkuvuotena pituudessa ei ollut eroa. Vuodesta 1984 alkaen linjaristeystaimet ovat kasvaneet vähän paremmin. Kokeen päättyessä 13 kasvukauden jälkeen linjaristeystaimien pituus oli 174 cm ja välitaimien 160 cm. Ero 14 cm on tilastollisesti melkein merkitsevä ( $p = 0,0218$ ). Elossaolosadannekset olivat 76,4 ja 76,5 eli eroa ei ollut.

### Päätelmä

Tuloksen mukaan taimet on syytä istuttaa maansäteilylinjojen risteyskohtiin. Tosin kiertojasta on kulunut vasta pieni osa, joten lopullista tulosta ei voida ilmoittaa. Koekenttä on paikoillaan ja haluttaessa koetta voidaan seurata kiertoajan loppuun asti. Harvennushakkuissa kokeen tarkoitus voi vaatia poikkeamista tavanomaisesta harvennusvalinnasta.

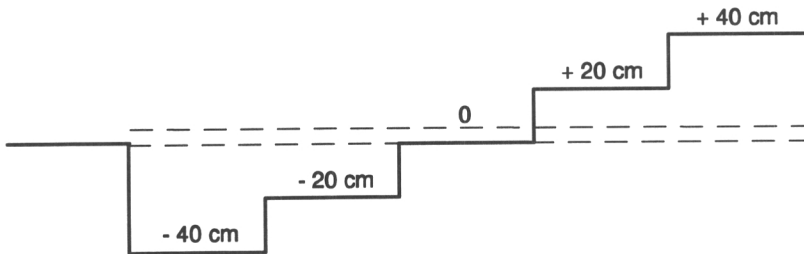
## 2. Jäkälämetsän uudistaminen

Kuivan jäkäläkankaan metsänuudistaminen on yleisestä käsityksestä poiketen ongelmallista. Vaihtuvaa taimiainesta on, mutta avohakkuun jälkeen sen kehitys on perin hidasta. Vie noin kolmekymmentä vuotta, ennenkuin taimet kasvavat 50 - 60 senttiin, ja vasta sen jälkeen niiden kasvu nousee sille tasolle, mikä jäkälätyypillä maaperän puolesta on mahdollista. Hitaan kehityksen syyksi on esitetty veden puutetta ja pohjaveden pinnan syvyyttä, jonka tavoittamiseen taimen juurilla menee aikaa. Toiseksi syyksi on esitetty poronjäkälän erittämä myrkykys usniini, joka tekee maan ylimmän kerroksen

juurille epäsuotuisaksi. Vasta vähitellen juurten kasvettua riittävän syvälle ne pääsevät puhtaaseen maahan, ja taimen kasvu paranee.

Edellisiä vahvempi syy kasvun hitauteen lienee alkukesällä kuuman päivän ja kylmän yön voimakas lämpötilavaihtelu, jota nuori solukko ei kestä. Taimista tulee rujoja, haaraisia ja mutkaisia, ja selvää johtavaa latvaa ei synny. Vasta kun taimet vähitellen pääsevät riittävän korkeiksi ja lämpötilan mikrovaihtelu latvan tasalla vähenee, kasvu paranee. Tämän takia jäkäläkankaan männikön uudistaminen ei saa olla taimiaineksen vapauttamista avohakkuulla, vaan vähittäistä päällyspuuston poistamista 2 - 3 vaiheessa. Näin estetään voimakas yön ja päivän lämpötilavaihtelu maanpinnan lähellä. Tämä siis poikkeaa täysin siitä, mitä tavanomaisesta männyn luontaisesta uudistamisesta tiedetään: siemenpuut on poistettava viimeistään viiden vuoden kuluttua uudistamisen aloittamisesta.

Tein kokeen jäkäläkankaan uudistamisesta viljellen. Siinä pyrittiin mittaamaan erityisesti pohjavesietäisyyden vaikutusta ja usniinimyrkyn merkitystä. Kälviällä MET-LAn Mutkalammen palstalla tehtiin lapiotyönä kesäkuussa 1976 portaittainen kuoppa ja vastaavasti kohouma, jonka korkeusvaihtelu maanpintaan verrattuna oli -40 cm, -20 cm, 0 cm, +20 cm ja +40 cm (kuva 2). Pinta-alaa kullakin yksiköllä oli 2 m<sup>2</sup>. Toistoja oli neljä. Kuhunkin yksikköön kylvettiin 10 laikkua ja istutettiin 10 tainta. Puulaji oli mänty. Kaikki viljelypinta oli puhdasta hiekkaa. Hypoteesi oli, että usniini ei siirrettyssä hiekassa vaikuta ja toisaalta pohjaveden vaikutus on suotuisa alimmalla tasolla ylimmän tason kärsiessä kuivuudesta.



Kuva 2. Jäkälämetsän uudistamiskoe, osa A, korkeusporrastus.

Kokeen toinen eli B-osa keskittyi pintakasvillisuuden vaikutuksen selvittämiseen. Mitään kaivamatta poistettiin neliometreittäin jäkälä ja humus koko pinnalta, laikuista tai 5 - 10 cm leveistä viiruista. Myös koskematon jäkäläpinta oli yhtenä koejäsenenä. Kuhunkin neliömetrin ruutuun kylvettiin haja-, viiru- tai vakoruutukylvönä tai istutettiin koulitut paljasjuuriset taimet. Toistoja oli neljä.

Seuraavana kesänä 1977 perustettiin edellisen toistava koe vähän pienempänä Muhokselle Lummelammen palstalle. Tasokorkeudet olivat -30, 0 ja +30 cm. Toistoja oli kolme.

## Tulokset

Kälviällä ensimmäisen kesän jälkeen kylvösten sirkkataimet olivat vihreitä ja hyväkuntoisia. B-kokeen laikuissa oli paljon reunoilta pudonnutta jäkälää. Sirkkataimet olivat vihreitä jäkälän allakin. Viirut olivat paikoin lähes ummessa. Istutustaimet olivat heikkokuntoisia. Talven jälkeen keväällä tilanne oli muuttunut. Istutustaimet olivat hyviä mutta kylvötulos oli lähes nolla. Metso oli turmellut tasokorkeusalan taimia jonkin verran. Muhoksella toisen kesän lopulla taimista oli elossa keskimäärin 60 - 80 %,



mutta tasokorkeuskokeessa kylvötaimia ei ollut elossa yhtään -30 cm:ssä ja vain 17 % +30 cm:ssä.

Vuosien mittaan taimia kuoli jatkuvasti. Kokeen päättyessä 1992 (ikä 17 v) todettiin, että mikään käsittely tai materiaali ei tuottanut hyvää tulosta. Taimista oli elossa 0 - 40 %. Viiru- ja vakoruutukylvö olivat vähän muita parempia, mutta hyviä eivät nekään olleet. Pituus oli 2 - 4 dm. Elossa olevat taimet olivat kituliaita. Pohjaveden läheisyyden tai usniinin merkityksestä ei saatu viitteitä. Luontaisia taimia oli syntynyt vain muutama. Todettiin tekstin alussa mainittu: taimien alkukehitys on perin hidasta.

### **Päätelmä**

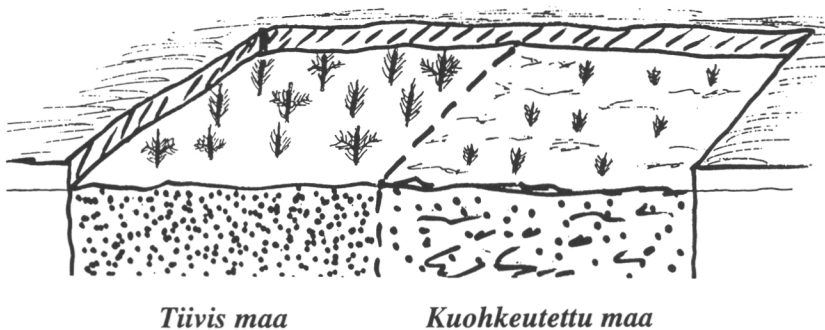
Esitellyn kokeen mukaan jäkälätyypin metsän uudistaminen viljellen on vaikeata. Käytännössä esimerkiksi jäkäläkankaiden kuloaloilla (mm. Muhoksen kulo 1969 noin 1 000 ha) parhaaksi todettu viirukylvö ei ollut kokeessa juuri muita parempi. On syytä suositella luontaista uudistamista ja poistaa siementävä puusto hitaasti ja asteittain.

## **3. Kylvöalustan kuohkeuttaminen**

Vanhassa kylvöohjeessa suositeltiin kylvöaikun kuohkeuttamista eli lapiolla kääntämistä tai kuokalla pehmittämistä (Blomqvist 1892). Uudemmat ohjeet torjuvat kuohkeuttamisen (Häggström 1960). Asian varmistamiseksi perustettiin 20.5.1975 Paltamon Kivesvaaran alalaidan VMT-kankaalle pieni koe. Kuorittiin kahtena toistona kaksi neliometriä kivennäismaata paljaaksi poistamalla sammal ja humuskerros. Kivennäismaan humuksensekaista tummaa pintaosaa ei poistettu. Maa oli hietaista hiekkamoreenia. Yksi neliometri kuohkeutettiin lapionterän syvyyteen ja toinen jätettiin koskematta. Männyn siementä kylvettiin 100 kpl/m<sup>2</sup>. Hypoteesi oli, että taimet kehittyvät muokatussa osassa paremmin.

Seuraavana vuonna perustettiin samanlaiset koealat hienojakoiselle lajittuneelle maalle Muhoksen Tahvolaan ja Leppiniemeen.

Ensimmäinen tarkastus ja taimien nosto oli Kivesvaarassa 25.9.1975 eli ensimmäisen kesän jälkeen. Pehmeän maan taimet olivat pieniä, ruskeahkoja ja niiden juuristo oli pitkä mutta harva. Neulasten pituus oli enintään yksi sentti. Kovan maan taimet olivat isoja, voimakkaita ja vihreitä. Niiden juuristo oli matala ja kohtalaisen tiheä. Neulasten pituus oli kaksinkertainen. Saman vuoden toukokuu oli normaalia paljon lämpimämpi



Kuva 3. Kuohkeutuskokeen ruutupari. Oikeanpuoleisella osalla maa muokattu lapionterän syvyyteen.

ja vähän sateisempi. Kesä-, heinä- ja elokuu olivat normaaliin verrattuna viileitä ja vähäsateisia.

Seuraavana keväänä 31.5.1976 taimien silmut eivät vielä olleet aloittaneet kasvua kuohkeutetuilla ruuduilla, mutta kovan maan ruuduissa silmu oli yleisesti venynyt 1 - 2 cm. 13.8.1976 eli toisen kesän lopulla tiiviin maan taimet olivat 5 - 7 cm pitkiä ja neulaset 4 - 8 cm. Pehmeän maan taimilla luvut olivat 3 - 5 ja 2 - 4 cm.

Koe päättyi neljän kasvukauden iässä 30.8.1978. Kuohkeutetun maan taimet olivat edelleen kituvia ja niitä oli vähän. Pituus oli 10 - 20 cm. Kovan maan taimet olivat reheviä ja hyväkasvuisia ja niitä oli elossa 2 - 3-kertaisesti. Pituus oli 20 - 30 cm. Eron syy lienee kuohkeutuksesta johtunut kapillaarisen vedennousun katkeaminen ja taimien veden puute.

Muhoksen koealoilla tulos oli samansuuntainen kuin Kivesvaarassa, mutta lisänä oli rousteen aiheuttama taimien nouseminen maasta juurineen ja siten heikompi taimettuminen.

### **Kirjallisuus**

Blomqvist, A.G. 1892. Suomen puulajit metsänhoidolliselta kannalta. I. Mänty. Häggström, B. 1960. Sådd och plantering av tall och gran.

## **4. Taimien kasvun nopeuttaminen**

Kasviopissa tunnetaan eräitä aineita, joilla on tai voi olla kasvua nopeuttavia ominaisuuksia. Esimerkiksi gibberelliinihappokäsittely itämisvaiheessa voi lisätä joidenkin kasvien kasvunopeutta. Metsämiestenkin piirissä aktiiviset tutkijaluonteet ovat etsineet puiden kasvun kiihdyttäjiä. Kahteen tapaukseen olen lähtenyt mukaan.

### ***Strykniini***

Vuonna 1963 Keski-Suomen metsänhoitolautakunnan metsätalousneuvojana ollut evp-metsäteknikko Juho Taavitsainen kirjoitti minulle kokemuksistaan entiseltä piiriltään Kinnulasta ja Karstulasta. Strykniinillä oli 1930- ja -40-lukujen vaihteessa saatu Kinnulassa kanervakankaan kuusen taimi kasvamaan pituutta lähes puolitoista metriä vuodessa. Kuusi oli viety Jyväskylän maatalousnäyttelyyn metsänhoitolautakunnan osastolle. Myös Kannonkosken Padasjärven kylässä strykniiniä oli kokeiltu. Metsälehdessä nro 41 7.11.1954 oli sivulla 5 kuva, jossa esiteltiin Hautalan tilan (om. Sulo Saari) 20-vuotista kuusikkoa, jossa oli ”lukuisia lähes 1,5 metrin vuosikasvaimia ja pisin kokonaista 1 m 60 cm:n mittainen”.

Taavitsainen kertoi myös männynsiemenen liotusohjeen. Kylvötulokset olivat paremmat kuin normaalilla siemenellä. Mm. Kyyjärven Saunakylällä Raasun tilalla strykniinisiemenillä kylvetyissä männyntaimissa oli syksyllä kymmensenttiset neulaset, mutta ennen lumen tuloa metsot söivät koko 0,8 hehtaarin uudistusosalta joka ainoan neulaisen. Seuraavana keväänä ”alue kylvettiin uudestaan ja syksyn tullen omistajan poika ampui viikon kuluessa kiikarikiväärillä kahdeksan metsoa, niin sen jälkeen on taimet saaneet kasvaa”.

Ostin apteekista strykniiniä (ketunmyrkyä), jota sain ilman ostolupaa, koska ainetta tarvittiin tieteelliseen kokeeseen. Sitä käytettiin kahdella tavalla. Kuusen luonnon-taimia kasteltiin laihalla strykniinivedellä kaatamalla sitä kuusen tyven lähelle rautakangella tehtyihin reikiin, ja männyn siemeniä liotettiin samassa vedessä.

## Tulos ja päätelmä

Mitään eroja ei syntynyt. Mahdollisesti koemenetelmäni ei ollut oikea.

### *Panimohiiva*

Tämän idean sain kuulla Lapin läänin puolelta keväällä 1975. Koska koe oli helppo tehdä, testasin idean. 28.5.1975 huuhtelin 1 + 1-vuotisten Nisulan rullataimien juuriston puhtaaksi ja ennen istutusta liotin puolet taimista (juuristot) kolmen minuutin ajan panimohiivavedessä. Taimien alkuperä oli Rantsila. Koepaikka oli Paltamon Kivesvaaran VMT-kankaalla. Koeyksikkö oli kymmenen tainta ja toistoja oli viisi.

Seurasin taimien kehitystä kolmen kesän ajan. Koe päättyi 28.9.1977. Panimohiivalla käsitellyt taimet olivat silmämäärin arvioiden vähän pienempiä kuin normaalit. Juuristoista ei eroa voinut havaita.

### **Päätelmä**

Joko panimohiivalla ei ole vaikutusta taimien kasvuun tai koemenetelmä ei ollut oikea.

## 5. Männyn silmujen syyskasvu

Joinakin syksyinä männyn silmut aloittavat jo seuraavan kesän kasvun. Silmu voi venyä muutaman sentin pituiseksi ennen pakkasten tuloa. Puhutaan ”salaattikasvaimesta” ja arvioidaan sen olevan herkkä paleltumaan. Jälkikasvua syntyy yleensä silloin, kun hyvän kesän lopulla on hallaa, joka laukaisee talveutumisreaktion. Kun jonkin aikaa sen jälkeen tulee lämmin kausi, intiaanikesä, silmut aloittavat kasvun kuten normaalisti seuraavana keväänä.

1960-luvulla seurasin Hirvaalla syyskasvainten menestymistä. Silloin ei mitään häiriötä tullut, vaan kasvaimet jatkoivat keväällä siitä, mihin ne syksyllä jäivät. Kun syksyllä 1984 ilmiö oli yleinen kautta Oulun läänin, teimme havaintoja Hirvaalla saamani käsityksen varmistamiseksi.



*Kuva 4. Kolmimetrinen mänty Vaalan Parttuaisissa 11.4.1985 (vasen). Edellisenä syksynä silmu on venynyt 6 - 7 cm pitkäksi kasvaimeksi. Sama mänty 20.6.1985. Kasvain on jatkanut siitä, mihin se edellisenä syksynä lopetti. Kuvat Pentti Savilampi.*

Kesän sää 1984 oli jälkikasvulle sopiva. Kesä tuli varhain. Toukokuu oli niin lämmin, että kuun lopulla oli lämpösumma jo 20 päivää edellä normaalista. Vielä kesäkuukin oli normaalia lämpimämpi. Elokuun lopulla oli hallaa. Syyskuu oli muutamine hal-laöineen normaali. Jälkikasvu oli yleistä. Lokakuussa ja marraskuussa pakkasia ei juuri ollut. Vasta marraskuun lopussa lämpötila laski 10 - 15 astetta alle nollan.

Sopivat koeyksilöt valitsimme Vaalan Parttuaisista Runkotutkimus 1:n koealalta. Metsätyyppi oli VMT ja mäntyjen pituus 2 - 3 metriä. Latvasilmut venyivät syksyllä monissa männyissä 4 - 7 cm:n pituisiksi kasvaimiksi. Syyskuussa ne olivat täysin puutumattomia, ”salaattia”. Seuraavana keväänä 1985 ne jatkoivat kasvuaan. Alkukesästä syyskasvaimen yläosan (5 - 7 cm) neulaset olivat muita vähän pitempiä. Syksyyn asti näkyi lievä värisauma kasvun keskeytymiskohdassa.

Edellä esitettyjen havaintojen mukaan männyn syyskasvaimella on siis kyky sopeutua nopeasti syksyn lämmöstä talven pakkaseen, eli männyn perintöainne on valikoitunut kestävämmän ilmastomme vaihtelut. Mänty on suomalainen puu.

## 6. Kantoon istutus

Talvella 1970 - 71 oli lehdissä usein lyhyehköjä artikkeleita Neuvostoliitossa tehdyistä keksinnöistä. Yksi oli selostus kanton istutuksen menestyksellisyydestä. Tuoreella avohakkuualalla kaivettiin kannon yläpintaan kuoppa ja se täytettiin mullalla. Multaan istutettiin taimi. Taimen kasvunopeus oli kuusinkertainen normaaliin tapaan istutettuun verrattuna.

### Koe

29.6. - 1.7.1971 perustimme kokeen Muhoksen tutkimusalueen Pohjolan palstalle Kajaanin maantien lähelle. Hakkuu oli tehty edellisenä talvena eli kannot olivat tuoreita. Kuoppa tehtiin moottorisahalla. Myös muutama vanhaan koivun lahokantoon istutettiin. Taimet olivat yksivuotiaita kennotaimia. Puulaji oli mänty.

Koe päättyi kuuden kasvukauden kuluttua 3.9.1976. Tuoreisiin kantoihin istutetut taimet olivat 20 - 30 cm:n pituisia. Normaaliin tapaan maahan istutettujen pituus oli 50 cm. Kantotaimet olivat kituliaan näköisiä. Elossa oli kummassakin ryhmässä 90 %. Lahokantojen taimet kasvoivat normaalisti.

### Päätelmä

Tuore puuainne ei ole sopiva taimien kasvualusta Suomessa.

## 7. Taimen kasvu kannon lähellä

”Missä puu on ennen kasvanut, siinä se vastakin kasvaa.” Tämä on monelle metsänviljelijälle tuttu sanonta. Sen mukaan kylvö ja istutus joskus suositeltiin tehtäväksi kannon lähelle, ja kun kannot oli ympäröity, vasta sitten sai istuttaa avoimelle paikalle. Toisaalta arvioitiin auringonpahteella olevan vaikutusta, ja sen takia mm. Borg (1948), Häggström (1960) ja Kalela (1961) suosittelivat laikun turpeen kääntämistä eteläpuolelle tai vastaavasti laikun tekoa kannon, kiven ja mättään pohjoispuolelle. Aika yleistä oli kalikan laittelu kylvöviirun eteläpuolelle. Arveltiin myös, että Lapissa suojan piti olla pohjoisen puolella. Norrlannissa kokeiltiin 1960-luvulla korkeilla mailla tuulisuojia ja

todettiin, että noin yhden neliömetrin seinä lisäsi sen eteläpuolelle istutetun taimen kasvua suojaamattomaan verrattuna.

Nykyään konemuokkausjälki määrää viljelypisteet. Vain vähän on vanhanaikaista käsityötä. On tosin konemuokkausjäljessään valintamahdollisuuksia, jos valita halutaan. Siksi esittelen lähes 30 vuotta vanhojen inventointien tuloksia, jossa selvitettiin sekä kannon ilmansuunnan että etäisyyden vaikutusta kylvö- ja istutustaimien kasvuun.

### Inventointi vuonna 1966

Syksyllä 1966 mitattiin Savukoskella, Pudasjärvellä ja Valtimolla muiden koealatöiden yhteydessä yhteensä 37 187 taimen pituus. Elossaolosadannesta ei ollut mahdollista mitata. Taimet valittiin kantojen pohjois- ja eteläpuolelta. Etäisyys luokiteltiin siten, että kannon lähistöksi määritettiin ympyrä, jonka säde ulottui tukkipuun kannosta 2 - 3 kannonkorkeuden ja enintään yhden metrin päähän ja pinotavarapuun kannosta 30 - 50 cm. Näitä kannon lähitaimia pohjois- ja eteläpuolella oli yhteensä 7 686 kpl. Selvästi kannoista kaukana kasvavia oli 29 501 tainta. Viljelyt oli tehty 3 - 5 kasvukautta aikaisemmin. Kolmasosa oli kylvöksiä. Saman verran oli 2 + 0- ja 2 + 1-vuotisia taimia.

### Tulos

Mittauksen tulos oli selvä. Kannon läheisyys lisäsi kasvua keskimäärin 29 %. Kannon eteläpuoli oli 15 % parempi kuin pohjoispuoli. Kylvötaimet olivat herkimpiä, koulitut taimet vakaimpia. Kannon läheisyys vaikutti sitä enemmän mitä pohjoisempaan oltiin. Ilmansuunta vaikutti eniten Pudasjärvellä. Savukoskella ilmansuunnan merkitys heikkeni kesäyön aurinkoon.

Tuloksen mukaan taimen paikka viljelyssä on valittava ensiksi kannon läheltä sen eteläpuolelta, toiseksi kannon läheltä sen pohjoispuolelta ja vasta kolmanneksi avoimelta paikalta.

*Taulukko 1. Taimien pituus (cm) kannon pohjois- ja eteläpuolella ja kannon lähellä tai kaukana kannosta sekä parittaiset suhdeluvut.*

	Savukoski		Pudasjärvi		Valtimo		Keskiarvo
	N	S	N	S	N	S	
<b>Kylvö</b>	8	10	10	13	23	24	
	100	128	100	130	100	105	121
<b>2 + 0</b>	20	21	26	32	31	34	
	100	107	100	122	100	110	113
<b>2 + 1</b>	25	26	33	38	42	48	
	100	104	100	115	100	113	111
<b>Keskiarvo</b>	100	113	100	122	100	109	115

	Lähellä		Kaukana		Lähellä		Kaukana	
	N	S	N	S	N	S	N	S
<b>Kylvö</b>	9	5	12	9	24	20		
	180	100	136	100	120	100	145	
<b>2 + 0</b>	21	15	29	24	33	29		
	140	100	123	100	112	100	125	
<b>2 + 1</b>	25	19	36	33	45	43		
	135	100	108	100	105	100	116	
<b>Keskiarvo</b>	152	100	122	100	112	100	129	

## **Inventointi vuonna 1967**

”Hyvin onnistunutta koetta ei pidä koskaan toistaa.” Loppukesällä 1967 tarkistettiin edellisen vuoden tulosten paikkansapitävyys. Samalla haluttiin saada ilmastollinen haarukka laajemmaksi. Mittauspaikat olivat Lammi (Evo), Lestijärvi, Valtimo, Pudasjärvi ja Savukoski. Taimet ryhmiteltiin neljän pääilmansuunnan ja etäisyyden mukaan. Etäisyydet kannosta olivat: luokka 1. 0 - 50 cm, 2. 51 - 100 cm, 3. 101 - 200 cm ja luokka 4. 201 - 300 cm. Sitä kauempana oli luokka 5. Avopaikka. Kaikkiaan mitattiin 6 793 tainta. Niistä 5 314 eli 78 % oli kannon vaikutuspiirissä (0 - 300 cm) ja 1 479 avopaikalla.

## **Tulos**

Savukoskella ja Valtimolla tulos oli selvä: mitä kauempana kannosta, sitä lyhyempi taimi. Lestijärvellä tulos oli yhtä selvä mutta päinvastainen. Evolla ja Pudasjärvellä tulokset olivat sekavat. Esimerkiksi Savukosken kylvölle saatiin kaava  $y = 51,42 - 3,48X$ , jossa  $x$  = kantoetäisyys metreinä ja  $y$  = taimen pituus sentteinä. Siten savukoskisen kylvötaimen pituus oli puolen metrin päässä kannosta 50 cm ja kahden metrin päässä 44 cm.

Myös ilmansuunnittain tulos vaihteli. Evolla ja Valtimolla kannon eteläpuoli oli paras kasvupaikka, Lestijärvellä pohjoispuoli. Inventoijan silmävaraisen arvion mukaan Evolla (Etelä-Suomi) ei ole mitään syytä välttää kannon eteläpuolen paahteista kasvupaikkaa. Pudasjärvellä taimet kasvoivat aivan kannon lähellä parhaiten länsipuolella mutta keskimäärin (0 - 3 m) parhaiten pohjoispuolella. Savukoskella ensimmäisen puolen etäisyysmetrin taimet kasvoivat parhaiten kannon pohjoispuolella, mutta 0 - 3 metrin keskiarvona eteläpuoli oli paras.

Koko aineiston keskiarvona 40 - 50 cm:n pituisessa taimikossa kannon eteläpuolen taimet olivat aivan kannon lähellä 1 - 3 cm muita pitempiä. Kannon pohjoispuolella etäisyydellä ei ollut merkitystä, sen sijaan itä-, etelä- ja länsipuolella aivan kannon lähellä taimet kasvoivat parhaiten.

## **Päätelmä**

Suuren aineiston ja yksinkertaisen luokituksen takia ensiksimmäinen aineisto (v. 1966) on luotettavampi. Sen mukaan on Pohjois-Suomessa syytä suosia kannon läheisyyttä taimen kasvupaikkana. Myös jälkimmäisen aineiston mukaan kannon läheisyys on keskimäärin paras. Molempien aineistojen mukaan kannon eteläpuoli on paras kasvupaikka. Tilastollisessa tarkastelussa vain vuoden 1966 aineistossa kannon läheisyys osoitautui tilastollisesti luotettavasti myönteiseksi tekijäksi.

## **Kirjallisuus**

Borg, A. 1948. Metsän kylvä ja istutus.

Hägström, B. 1960. Säd och plantering av tall och gran.

Kalela, E.K. 1961. Metsät ja metsien hoito.

## **8. Keski-Suomen siemenen käyttökelpoisuus Pohjois-Suomessa**

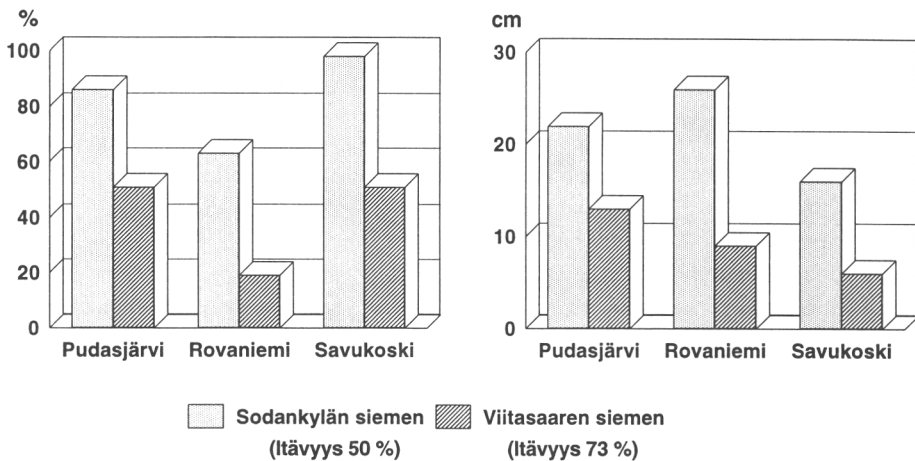
### **Taustaa**

Männyn siemenestä oli Pohjois-Suomessa usein pulaa 1950- ja 1960-luvuilla. Esiintyi käsitys, että vuosisatojen mittaan tapahtuneen lämpöilmaston muutoksen takia Peräpohjolan ja Lapin puut kasvavat samanlaisessa ilmastossa kuin eteläisempien puiden

esiäidit ja esi-isät ovat kasvaneet. Sen mukaan ensimmäinen hypoteesi kokeessa oli, että näiden perimän arvioitiin olevan sopiva pohjoisessa nyt vallitseviin oloihin eli Keski-Suomen siementä voi siirtää pohjoiseen. Toisaalta tiedettiin, että kaukopölytyksen tuloksena voi syntyä edullisia yhdistelmiä, joilla on vanhemmistaan poikkeavia ominaisuuksia. Sen mukaan laadittiin edellisestä riippumaton toinen hypoteesi: kun kylvetään runsaasti eteläistä siementä, jossa on vähintään pieni osa kaukopölytynyttä siementä ja jota on halvalla saatavissa, voidaan saada riittävä määrä pohjoisessa menestyviä puita.

### Koe

Koealat perustettiin kesän 1969 alussa Pudasjärven pohjoisosaan, Rovaniemen Hirvaalle ja Savukosken Tanhuasta 15 km etelään 2 km Luurojoen itäpuolelle. Kylvömenetelmä oli vakoruutukylvö, jossa siemenet peitettiin noin puolen sentin maakerroksella. Siemenet olivat Viitasaarelta ja Sodankylästä ja itävyydet 73 ja 50 %.



Kuva 5. Keski-Suomen ja Sodankylän alkuperien siemenellä tehtyjen kylvösten elossalo ja pituus. Ikä kuusi vuotta.

### Tulos ja päätelmä

Koe lopetettiin kuuden kasvukauden kuluttua syksyllä 1974. Molemmat hypoteesit osoittautuivat vääriksi. Em. paikkakuntajärjestyksessä pohjoisen siemenen taimellisten laikujen osuus oli 86, 63 ja 98 % ja eteläisen 51, 19 ja 51 % (kuva 5). Vastaavat pituusarjat olivat 22, 26 ja 16 cm sekä 13, 9 ja 6 cm. Yhtään huippuyskilöä eteläisestä materiaalista ei löytynyt.

Koe onnistui kiistatta hyvin siten, että hypoteesit todettiin vääriksi. Keski-Suomen siemenestä ei ole Pohjois-Suomen siemenpulan poistajaksi mäntyä viljeltäessä.

## 9. Kuusen suojustuualat

### Taustaa

Heikinheimon kehittämä ja Kalelan viimeisteleämä suojustuumenetelmä kuusen luontaisessa uudistamisessa oli 1960-luvun lopulla vasta vähän käytännössä testattu. Koska kuusella oli hyvä käpyvuosi 1970 eli siementä varisi runsaasti kevätkorjuulla 1971,

päätimme perustaa pieniä koealoja kolmelle yksityismetsien suojuspuualalle, jotka oli laikutettu juuri ennen siemensatoa.

**A.** Ylivieska, 8 km Ylivieskasta länteen ja 250 m Alavieskan rajalta, välittömästi tien nro 87 pohjoispuolella. Avohakkuuala vuodelta 1969, laikutettu keväällä 1970. Korkeus 62 m mpy ja lämpösusma 1 035 dd. Reunametsä 9 - 12 m pitkä, elinvoimatonta kuusta 75 % ja mäntyä 25 %. Runkoluku 600 - 700 kpl/ha, tiheys 0,7. Kosteaa VT, maa hietaista hiekkamoreenia. Uudistusala viljeltiin laikutuksen jälkeen keväällä 1970 istuttamalla laikkuihin mäntyä. Näitä viljelytaimia ei luettu mukaan taimimääriä inventoitaessa.

1 - 4 metrin etäisyydelle reunametsästä merkittiin 25 laikkua ja 6 - 12 metrin etäisyydelle toinen 25 laikun rivi. Laikkujen keskikoko oli 2 - m<sup>2</sup>. Reunametsä hakattiin pois 1972 - 73.

Keväällä 1971 kuusella oli runsas siemensato. Syksyllä 1971 kuusen taimia oli kivennäismaan neliometrillä 18 kpl ja männyn taimia 4 kpl. Kuusen taimia oli metsäreunarivissä kaksinkertaisesti kauempaan riviin verrattuna. Männyllä ero oli lievästi toiseen suuntaan. Talven jälkeen keväällä 1972 kuusen taimia oli 14 ja männyn taimia edelleen neljä. Kesän lopulla luvut olivat 12 ja 5 ja vuotta myöhemmin 8 ja 4. Vuosi lisää pudotti kuusen määrän 2,4:ään ja männyn 3,4:ään.

Syksyllä 1975 eli kuusi kasvukautta laikutuksen jälkeen mittausta lopetettiin, koska männyn luontaisten ja viljelytaimien erottaminen kävi vaikeaksi. Silloin kuusen taimia oli kivennäismaapinnalla 2,8 kpl/m<sup>2</sup> ja luontaisia männyntaimia 4,2 kpl. Kuusten keskipituus oli 14 ja mäntyjen 44 cm.

Myöhempinä vuosina alueelle kehittyi puhdas ja hyvälaatuinen männyntaimikko, jossa kuusi oli matalana alikasvoksena. Kesän 1984 lopulla - 14 kasvukautta - kuusen taimien pituus oli 30 - 50 cm ja mäntyjen 3 - 4 m.



*Kuva 6. Kuusen suojuspuumenetelmällä syntynyttä taimikkoa Ylivieskassa. Kuusen taimet 10 - 20 cm ja männyn taimet 80 - 120 cm, ikä kuusi vuotta.*



**B.** Oulu, 20 km Oulusta itään ja 2 km Oulujoesta pohjoiseen. 45 m ja 1 035 dd. Maa hietaista hiekkamoreenia, metsätyppi VMT. Hakattu suojuspuuasentoon 1968 - 69. Suojuspuuston tiheys 150 runkoa/ha, niistä mäntyjä vajaa neljännes. Puuston pituus 17 - 18 metriä. Laikutettu keväällä 1970. Tutkimukseen merkitty 50 laikkua.

Ensimmäinen inventointi oli syksyllä 1971. Kuusen taimia oli 5,2 kpl/m<sup>2</sup> ja männyn taimia 2 kpl. Kuusen taimimäärä aleni vuoteen 1975 mennessä 2,4:ään ja nousi sitten neljässä vuodessa 3,9:ään. Taas kuudessa vuodessa taimimäärä aleni tasaisesti 1,5:een, jossa se vuodesta 1986 alkaen on pysynyt.

Myös männyn taimimäärä on vaihdellut. Ensimmäisessä inventoinnissa niitä oli 0,2 ja vuonna 1979 hyvän siemenvuoden takia 1,8 kpl/m<sup>2</sup>. Tämän huipun sirkkataimista suuri pääosa kuoli heti, vaikka päällyspuusto poistettiin seuraavana talvena. Taimimäärä vakiintui 0,8 - 0,6:n tienoille.

Metsänomistaja perkasi ja harvensi taimikon talvikautena 1992 - 93. Mäntyä harvennettiin ja pääosasta kuusia katkaistiin lumen yläpuolinen osa. Syksyllä 1993 - 23 vuotta - taimikko mitattiin viimeisen kerran. Kuusia oli 12 400 kpl/ha. Perkauksessa säästyneiden valtainten keskipituus oli 47 cm. Mäntyjä oli harvennuksen jäljeltä 2 600 kpl/ha. Valtainten keskipituus oli 401 cm. Näin kuusen uudistaminen suojuspuumenetelmällä on tuottanut täystiheän hyväkasvuisen mäntymetsän.



*Kuva 7a. Kuusen suojuspuumenetelmällä syntynyt männyn taimikko 23 vuoden ikäisenä. Taimikko harvennettu edellisenä talvena, jolloin lumen päälle ulottuneet kuuset katkaistiin. Suojuspuustossa oli noin neljäsosa mäntyjä. Oulujoki. Kuvannut Pentti Savilampi.*

*Kuva 7b. Suojuspuuasento Paljakalla kokeen alkuvuosina. Tiheys 317 runkoa/ha. Pituus 11-13 m.*

C. Hyrynsalmi, Paljakka, Karhula. 335 m, 740 dd. Tuore kangas, maa hiekkamoreenia. Hakattu suojuuspuuasentoon 1966 - 67. Hakkuukertymä 20 m<sup>3</sup> kuusta ja 1 m<sup>3</sup> koivua. Jäljelle jäi 317 runkoa kuusta, pituus 11 - 13 m. Laikutus kantokoukulla kesällä 1970. Laikkujen koko oli 0,4 - 0,8 m<sup>2</sup>. Tutkimusta varten merkittiin 50 laikkua.

Syksyllä 1971 taimia oli 7,6 kpl paljastetulla kivennäismaaneliometrillä. Niiden määrä aleni vuosi vuodelta noin 10 % vuodessa vuoteen 1983 asti jolloin taimimäärä oli 1,1 ja keskipituus 17 cm. Sen jälkeen kuolleisuutta ei juurikaan ole ollut. Syksyllä 1993 taimia oli keskimäärin 0,98 kpl laikkuneliometrillä eli 13 % alkuperäisestä taimimäärästä. Laikkujen välit huomioonottaen taimia oli noin 2 500 kpl/ha. Kasvatettaviksi valtataimiksi luokiteltujen keskipituus oli 82 cm. Pituuskasvu oli parantunut 80-luvun alun noin neljästä sentistä vuodessa kymmeneen senttiin vuodesta 1989 alkaen.

Suojuspuusto poistettiin 1978 - 79. Se ei vaikuttanut taimimäärään eikä pituuskehitykseen. Taimien keskipituus oli silloin 10 cm. 1981 alueella oli jonkin verran pihlajan ja vähän haavan ja koivun vesakkoa. Keskipituus oli 2 - 2,5 m. Se perattiin pois, jotta vertailukelpoisuus muiden alueiden kanssa säilyisi.

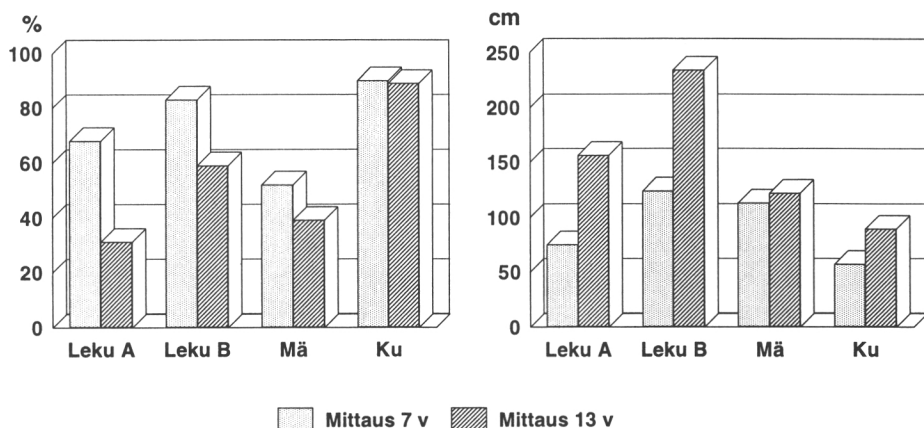
Mittauksen päättyessä syksyllä 1993 24 kasvukauden kuluttua laikutuksesta uudistusosalalla oli hyväkuntoinen riittävän tiheä kuusen taimikko. Se syntyi heti laikutuksen jälkeisenä keväänä 1971 kuusen poikkeuksellisen runsaasta siemensadosta. Kuusen alkukehityksen hitautta osoittaa sen valtatainten keskipituus 82 cm. Kuusen seurana oli jonkin verran pihlajan vesakkoa.

**D. Yhdistelmä.** Vuoden 1971 kuusen runsaan siemensadon takia kaikki kolme edellisenä vuonna laikutettua koekenttää taimettuivat hyvin. Ylivieskan ja Oulujoen koekentille on syntynyt männyntaimikko, jossa kuusi on alikasvoksena. Paljakalla on puhdas kuusen taimikko. 24 kasvukauden kuluttua laikutuksesta kuusen valtatainten pituus on Oulujoella 47 cm ja Paljakalla 82 cm. Ylivieskassa kuusentaimien pituus oli 14 vuoden iässä 30 - 50 cm. Kuusen alkukehitys luontaisessa uudistamisessa on siten metsänhoidollisessa mielessä perin hidasta. Oulujoen ja Ylivieskan aloille on noussut myös koivua, mutta Paljakalle, missä koivu metsänhoidollisista syistä olisi tarpeellinen, sitä ei ole syntynyt.

## 10. Lehtikuusen alkuperävertailu

1970-luvulla kasvatettiin Metsähallinnon Nuojuan tamitarhalla lehtikuusen taimia Kuhmon Jauhovaaran lehtikuusikosta kerätystä siemenestä. Arvioitiin, että alkuperä oli ilmastollisesti luotettavaa, koska puut olivat Jauhovaarassa säilyneet hengissä. Kuitenkin tamitarhalla jouduttiin kerta kerralta toteamaan, että tiheinä syntyneet taimirivit olivat ensimmäisen talven jälkeen harvahkoja, koulintakesän lopulla oli taas kuolleita taimia ja toisen talven jälkeen, jolloin taimet olivat 1+1-vuotiaita, oli taas osa kuollut. Alkuperäisistä sirkkataimista vain pieni osa kehittyi metsään viettäviksi. Uudistusaloiltakaan ei tullut hyviä terveisiä: kuoleminen jatkui liian runsaana, pituuskehitys oli hidasta ja runko tuli mutkainen.

Perustimme kesäkuussa 1976 lehtikuusen alkuperäkokeen Puolangan pohjoisosaan Äylönvaaraan. Korkeus on 300 metriä ja lämpösumma 850 dd. Taimet olivat 1M + 1A. Alkuperät olivat Kuhmon Jauhovaara ja Raivola/Hausjärvi, Oitti, SV 16. Lisäksi Puolangan hoitoalue istutti samaan aikaan alueelle mäntyä ja kuusta. Maan viljavuus ei ole aivan riittävän hyvä kuuselle ja lehtikuuselle.



Kuva 8. Lehtikuusivertailu Puolangan Äylönvaaralla 1976 - 88. Kuhmolainen lehtikuusi (A) menestyy huonommin kuin siemenviljelyalkuperää oleva (B). Tavallinen kuusi on luotettava, mutta hidaskasvuinen.

### Tulokset

Alusta alkaen oli todettavissa, että Oitin lehtikuusi menestyy paremmin kuin kuhmolainen. Vuosien 1982 (7 v) ja 1988 (13 v) tulokset esitetään kuvassa 8. Kuusi on jälkimmäiselläkin kerralla elossa vielä 89-prosenttisesti. Muut elävät selvästi huonommin. Lehtikuusten sadannekset ovat 59 ja 31 ja männyn 39. Pituudessa Oitin lehtikuusi on ylivoimainen (234 cm) ja kuusi lyhin (89 cm).

Runkosumma eli hehtaarilla kasvavien puiden yhteispituus laskettiin 2 000 taimen viljelytiheyden mukaan. Se oli 13 vuoden iässä Oitin lehtikuusella 2 670 m, Kuhmon lehtikuusella ja männyllä 970 m ja kuusella 1 580 m.

Silmävaraisen arvion mukaan 3.7.1991 Oitin lehtikuusi oli riittävän täystiheää tulevaa kasvatusta ajatellen. Yleinen pituus oli 3 - 5 m. Jauhovaaran lehtikuusi jää vajaa-tuottoiseksi metsäksi. Siinä on liian suuria aukkoja päätehakuuseen asti. Pituus oli 1,5 - 4 m. Rungoissa oli yleisesti mutkaisuutta.

### Päätelmä

Lehtikuusen alkuperällä on merkitystä metsänuudistamisessa. Tässä kokeessa käytetty Kuhmon Jauhovaaran alkuperä on jo hylätty, koska siellä kasvaa mm. eurooppalaista lehtikuusta ja hybridejä, ja kasvatettavien taimien alkuperää ei tunneta. Paremmin menestyneenkin eli siemenviljelyalkuperää olevan käyttökelpoisuus on kyseenalaistettava. 57 prosentin elossolo 13 vuoden iässä ei ole tyydyttävä.

Koe antoi selvän tuloksen: mänty ei ole vaarojen puulaji. Kuusi on ylivoimaisen luotettava, mutta sen alkukehitys on hidaskasvuinen, ja maan ravinteisuuteen on kiinnitettävä huomiota. Lehtikuusi jäi edelleen lupauksen asteelle.

## **Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:**

- Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
- Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- Nro 4. Kalevi Karsisto. Esitulkoksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaarella 1977.
- Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.



**Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot (Muhoksen tutkimusasema):**

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimusosastojen yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten jätteen vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätte metsässä kerättävän tiedon tallennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tutkimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
- Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
- Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen ja Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993. 1994.