

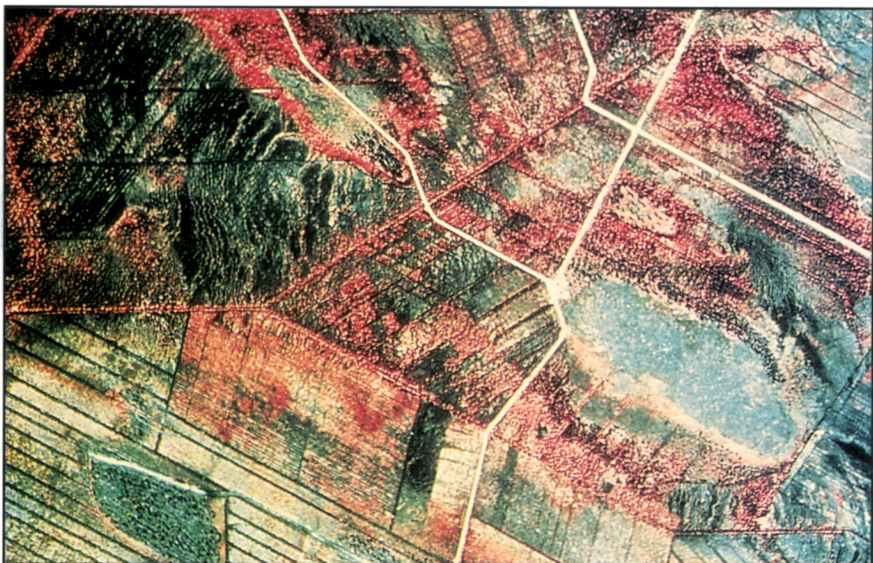
Metsäntutkimuspäivä Pyhäsalmeilla 1996

Toimittaneet

Mikko Moilanen

Pekka Pietiläinen

Tuula Väärä



MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Kansi: Yläkuvassa luonnontilainen lyhytkortinen neva Suomussalmella vuonna 1976. Valokuva Jorma Issakainen. Alakuvassa väärävärikuva Muhoksen tutkimusalueesta heinäkuussa 1971. Metsikkökuvioiden mosaiikkimaisuus, eri puulajit ja puuston vaihteleva peittävyys erottuvat erilaisina värisävyinä. Kuvauskorkeus 2500 m. Valokuvattu prof. Heikki Paarman alkuperäisaineistosta.

Metsäntutkimuspäivä Pyhäsalmeilla 1996

Toimittaneet

Mikko Moilanen

Pekka Pietiläinen

Tuula Väärä

Moilanen, M., Pietiläinen, P. ja Väärä, T. 1998 (toim.). Metsäntutkimuspäivä Pyhäsalmeilla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 674. 126 s. ISSN 0358-4283, ISBN 951-40-1611-4.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 24.4.1998.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaaentie 7, FIN-91500 MUHOS. Puh. (08) 531 2200, faksi (08) 531 2211.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 HELSINKI. Puh. (09) 8570 5721, faksi (09) 8570 5717.

Sisällys

Dosentti Eero Kubin, Kenttäkokeet osana soveltavaa metsäntutkimusta	1
Luonnonsuojelupäällikkö Eero Kaakinen, Soidensuojelun nykytila Oulun läänissä	5
FL Juha-Pekka Hotanen, Metsänparannuksen vaikutus turvemaiden monimuotoisuuteen	7
MMT Erkki Ahti, Metsätalouden vesistövaikutukset turvemaiilla	21
MH Mikko Moilanen, Kannattaako suometsien lannoitus?	27
FT Pekka Pietiläinen, NOAA-lämpösatelliittikuvat metsämaiden käytön suunnittelussa	39
FM Jarmo Poikolainen, Epifyyttijäkälien runsaus havupuilla Pohjois-Suomessa vuosina 1985 ja 1995	49
FM Harri Lippo, Raskasmetallilaskeuma Oulun läänissä vuosina 1985–1995	55
Johtaja Teuvo Jurvansuu, Outokumpu Mining Oy, Pyhäsalmen kaivos	65
MMK Lasse Aro, Suopohjien metsityksen ravinnetaloudellisia näkökohtia	71
MH Pentti Niemistö ja FM Samuli Kemppainen, Turvetuotantoalueen valumavesien sadettaminen metsään: vaikutus puuston kuntoon ja kasvuun	79
MMT Jyrki Hytönen ja Antti Wall, Metsitettyjen turvepeltojen ja viereisten suometsien ravinnemäärät	97
Dos. Eero Kubin ja Mti Pentti Savilampi, Mäntytaimikon perkaustapa	107

Kirjoittajien yhteystiedot

- Dosentti Eero Kubin**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- Luonnonsuojelupäällikkö Eero Kaakinen**, Pohjois-Pohjanmaan ympäris-
tökeskus, Isokatu 9, 90100 Oulu, puh. (08) 315 8300
- FL Juha-Pekka Hotanen**, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema,
PL 68, 80101 Joensuu, puh. (013) 251 4000
- MMT Erkki Ahti**, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18,
01301 Vantaa, puh. (09) 857 051
- MH Mikko Moilanen**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- FT Pekka Pietiläinen**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- FM Jarmo Poikolainen**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- FM Harri Lippo**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkko-
saarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- Johtaja Teuvo Jurvansuu**, Outokumpu Mining Oy, Pyhäsalmen kaivos,
PL 51, 86801 Pyhäsalmi, puh. (08) 769 6111
- MMK Lasse Aro**, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kairo-
niementie 54, 39700 Parkano, puh. (03) 44 351
- MH Pentti Niemistö**, Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema,
Kaironimentie 54, 39700 Parkano, puh. (03) 44 351
- FM Samuli Kemppainen**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200
- MMT Jyrki Hytönen**, Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema,
PL 44, 69101 Kannus, puh. (06) 874 3211
- MMK Antti Wall**, Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44,
69101 Kannus, puh. (06) 874 3211
- Mti Pentti Savilampi**, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos, puh. (08) 531 2200

KENTTÄKOKEET OSANA SOVELTAVAA METSÄNTUTKIMUSTA

Tutkimuspäivän avaus 3.12.1996 Pyhäsalalla

Eero Kubin

Muhoksen tutkimusasema perustettiin vuonna 1969 täyttämään ensisijaisesti Pohjanmaan-Kainuun metsäntutkimustarpeita. Sijaintipaikan valintaan vaikutti vuonna 1923 perustettu ja Oulujoen kuuluisimman kosken mukaan nimetty Pyhäkosken kokeilualue (vuodesta 1980 Muhoksen tutkimusalue). Eduksi katsottiin myös vuonna 1958 toimintansa aloittaneen Oulun yliopiston läheisyys. Lähellä olevat kenttäkokeet, joista vanhimmat oli perustettu jo 1930-luvulla, tarjosivat mahdollisuuksia toiminnan nopeaan käynnistämiseen. Kenttäkokeisiin painottuva tutkimus on ollutkin leimaa antava piirre tutkimusaseman 27-vuotisen taipaleen aikana.

Tämän päivän näkökulmasta Muhoksen tutkimusaseman koekenttien alueellisesti kattava verkosto on jopa arvokkaampi kuin mitä kokeita perustettaessa on osattu arvioida. Esimerkiksi metsänuudistamisen kenttäkokeita on noin 250 ja tuhkan sekä muiden jätteaineiden käyttöön liittyviä kokeita on yli 200. Myös metsäntutkimuspäivien sisältö on perinteisesti painottunut koekentiltä mitattujen uusien tutkimustulosten esittelyyn.

Kenttäkokeet - sovellettavan tiedon perusta

Kenttäkokeisiin perustuvan soveltamiskelpoisen tiedon tuottaminen on biologisen metsäntutkimuksen keskeisiä tehtäviä. On hyvin vaikea kuvitella, että metsien hoitoa ja käyttöä suunnattaisiin ilman metsästä hankittua tutkimustietoa. Tunnemme Muhoksen tutkimusasemalla suurta mielihyvää siitä, että kokeemme ovat aina kiinnostaneet metsätalouden eri organisaatioita ja metsänomistajia. Esimerkiksi kuluneen maastokauden aikana olemme esitelleet tuloksia Pohjoismaiden metsäntutkijoiden yhteistyölautakunnan hallitukselle, Metlan johtokunnalle, metsätalouden ympäristövaikutusten arvioinnin seurantatyöryhmälle, metsäorganisaatioiden edustajille, ruotsalaisille tutkijakollegoille, metsäylioppilaille jne. Ja vanhatkin kokeet ovat kiinnostavia, kuten esim. Leppiniemen tuhkalannoituskoe vuodelta 1947.

Tiedon tuottamiseen ja tiedon tarpeeseen liittyvä pulma

Kokeellinen maastossa tehty tutkimus on vääjäämättä hidasta, eikä se välttämättä kiinnosta meritoitumisen ensisijaiseksi tavoitteeksi asettanutta tutkijaa. Varsinkin metsänuudistamistutkimuksissa nopeaa aikataulua ei ole olemassa-kaan ja lyhyimmilläänkin soveltamiskelpoisia tuloksia saadaan vasta 5–10 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta. Kun tähän aikatauluun verrataan viime vuosina nopeasti käyttöön otettuja uusia metsänhoitosuosituksia, ei tutkimuksella ole kaikilta osin mitään mahdollisuuksia olla käytäntöä edellä. Jonkinasteinen ratkaisemattomuuden pulma on olemassa, vaikka metsätalouden organisaatiot toimivat hyvässä yhteistyössä tutkimuksen kanssa ja tutkijat tekevät parhaansa uusien tulosten aikaansaamiseksi.

Aikaa ei kuitenkaan voi voittaa sen enempää tutkimusresursseilla kuin muillakaan konsteilla, ja tutkimatta käyttöön otettuja menetelmiä punnitaan todellisuudessa puuntuotannon osalta vasta ensiharvennuksessa. Kun kehitys mitä ilmeisemmin on myös jatkossa tämän suuntaista, nousee vanhoihin kenttäkokeisiin sisältyvän tiedon hyödyntäminen uusista näkökohdista entistä tärkeämmäksi. Toisaalta on syytä muistaa, että luonnonsuojelunkin täytyisi nojata tieteellisiin perusteisiin.

Tutkimustuloksista kertomisen kasvava merkitys

Tutkimustulosten tieteellisen raportoinnin ohella vaaditaan jatkuvasti myös tulosten muunlaista tiedottamista. Näistä hyvänä esimerkkinä ovat metsäntutkimuspäivät, joissa erityisesti tutkimusasemat ovat jo pitkään kunnostautuneet. Mutta tämäkään ei riitä, vaan tarvitaan tiedon kansantajuistamista. Uudet, tiedeyhteisön kritiikin läpikäyneet tutkimustulokset pitäisi kyetä esittelemään myös siinä ympäristössä, missä uusi tieto on hankittu. Tässä suhteessa retkeilyt kenttäkokeille ovat arvokkaita, ja toimintaa tulisikin kehittää näitä valmiuksia parantavaan suuntaan. Meidän olisi järjestettävä tutkimuspäiviä myös koekenttäretkelijöiden muodossa ja arvioitava näiden päivien antia metsätalouden harjoittajan näkökulmasta.

Tämänkertainen tutkimuspäivä rakentuu suurelta osin suontutkimuksen tulosten esittelyyn. Muhoksen tutkimusaseman tutkijoiden esitelmien lisäksi olemme saaneet vahvistusta Parkanon, Joensuun ja Kannuksen tutkimusasemilta sekä Vantaan tutkimuskeskuksesta ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksesta. Metsäaiheista poiketen kuulemme lisäksi Pyhäsalmen kaivostoiminnan esittelyn.

Kehittymisnäkymiä

Metsäntutkimuslaitoksen kuin myös muidenkin organisaatioiden toimintaa on viime vuosina kehitetty. Tutkimusasemien osalta tämä on merkinnyt toiminnan jäntevoitymistä mm. vuosittain laitoksen johdon kanssa käytävien tuloskeskustelujen muodossa. Kaikille tutkimusasemille on myös laadittu oma toiminta-ajatus: Muhoksen tutkimusaseman osalta se kuuluu seuraavasti: *Tutkimme ja kehitämme erityisesti Pohjanmaan-Kainuun metsäluonnon erityispiirteet huomioonottavia metsänhoidon menetelmiä. Lisäksi tutkimme puiden kasvua ja metsäympäristön tilassa tapahtuvia muutoksia.*

Tutkimustoiminnan painoaloja ovat metsänuudistaminen ja sen ympäristövaikutukset, suometsien ravinnetalous sekä hies- ja rauduskoivun kasvatusta. Lisäksi keskeisellä sijalla ovat puuvarojen käyttömahdollisuudet Pohjanmaalla ja Kainuussa, pienpuun käytön lisääminen sekä metsien terveydentilaan ja laskeumaan liittyvät tutkimukset.

SOIDENSUOJELUN NYKYTILA OULUN LÄÄNISSÄ

Eero Kaakinen

Maamme soidensuojelun tärkeimmät päätökset tehtiin vuosina 1979 ja 1981, jolloin valtioneuvosto vahvisti periaatepäätöksillään valtakunnallisen soidensuojelun perusohjelman. Suojeltua suoalaa sisältyy lisäksi kansallis- ja luonnonpuistoihin sekä eräisiin muihin perustettuihin suojelualueisiin. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun seutukaavoissa on varattu soidensuojeluun useita muitakin kohteita. Kaikkiaan Oulun läänin suoluontoa on näillä päätöksillä suojeltu tai varattu suojeltavaksi n. 150 000 hehtaaria eli runsaat 5 prosenttia alkuperäisestä suoalasta.

Valtioneuvosto vahvisti kesäkuussa 1996 Pohjois-Suomen vanhojen metsien suojeluohjelman. Metsiä vähemmälle huomiolle on jäänyt, että päätös samalla takaa merkittävän laadullisen ja määrällisen lisän pohjoisen suoluonnon suojeluun. Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa uutta suoalaa tulee suojeluun tässä yhteydessä yli 30 000 hehtaaria. Määrää oleellisempaa on kuitenkin, että uusi suojeluala kohdistuu vanhoja päätöksiä enemmän korpiin ja puustoisiin, ohutturpeisiin rämeisiin. Metsä- ja suoluonnon pienpiirteistä vuorottelua sekä siten myös metsän ja suon häiriintymättömiä vaihtumisvyöhykkeitä tulee tällöin runsaasti lisää suojelun piiriin.

Euroopan Unionin Natura 2000 -verkostoon ehdotettavia kohteita valmistellaan unionin jäsenmaissa paraikaa. Vaikka tuleva ehdotus perustuukin Suomessa hyvin pitkälti olemassaoleviin suojelualueisiin ja hyväksytyjen suojeluohjelmien kohteisiin, uutta suojeltavaa suoalaa on tarkoitus jonkin verran sisällyttää ehdotukseen. Tämä perustuu siihen, että EU:n suojelukriteeristöissä soiden luontotyyppejä arvostetaan suuresti. Laadulliset täydennystarpeet kohdistuvat Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa eritoten aapasuoluontoon, lettoihin ja maanko-
hoamisrannikon nuoriin soihin.

Luonnontilaisten soiden ala kaventui vielä viime vuosiin asti nopeasti. Tilanne on kuitenkin nyt selvästi muuttunut. Metsätaloudellista uudisojitusta ei enää tueta valtion varoin. Turvetuotannon ympäristövaikutusten arviointi on kehittynyt, mikä aiempaa selvemmin kohdentaa uudet turvetuotantohankkeet luonnonsuojelun kannalta vähempiarvoisille soille.

Uusi, vuodenvaihteessa tai alkuvuodesta voimaan astuva luonnonsuojelulaki tuo uusia keinoja luonnonsuojeluun. Perinteinen luonnonsuojelualueiden perustamis-
menettely täydentyy mm. eräiden luontotyyppien sekä ns. erityisesti suojeltavi-
en lajien elinympäristöjen "automaattisella" suojelulla. Luonnonsuojelulain kans-
sa samanaikaisesti voimaan tuleva uusi metsälaki puolestaan turvaa mm. letto-
jen ja rehevien korprien säilymistä talousmetsäalueilla.

METSÄNPARANNUKSEN VAIKUTUS SOIDEN MONIMUOTOISUUTEEN

Juha-Pekka Hotanen

Johdanto

Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti on Rion ympäristökokouksen v. 1992 jälkeen muodostunut melkein pätaikanaksi. Käsitteenä biodiversiteetti on väljä. Se tarkoittaa kaikkea sitä luonnollista vaihtelua, jota maapallon elollisissa ilmiöissä esiintyy kaikilla alueellisen, ajallisen ja ekologisen hierarkiarakennelman tasoilla (Kouki 1993). Se on vaihtelevuutta luonnon rakenteissa ja toiminnoissa. Biodiversiteetin suojelulla pyritään tämän vaihtelevuuden säilyttämiseen.

Edellä mainittu hierarkisuus on ymmärrettävissä vaihteluksi mm. seuraavilla eri tasoilla: (1) geenit — populaatioiden sisäinen ja välinen vaihtelu yksilöiden perinnöllisessä rakenteessa, (2) lajit — lajirunsaus ja sen vaihtelu sekä (3) ekosysteemit — elinympäristöjen ja ekosysteemien kirjo. Erotetaan myös käsitteet alfa-, beta- ja gamma-diversiteetti. Alfa-diversiteetillä tarkoitetaan kasvupaikan tai pienhabitaatin lajirunsausta ja sen tunnuksia. Beta-diversiteetti kuvaa lajiston erilaisuutta (esim. suokasvupaikkojen välillä) ja/tai vaihtumisnopeutta gradientteilla. Gamma-diversiteetti ymmärretään yhteisörakenteen vaihteluksi maisemallisella tasolla.

Suomessa tiedetään jo vanhastaan kohtalaisesti metsäluonnon monimuotoisuudesta. Esimerkiksi tieto kasvupaikkojen ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta sekä metsien ja soiden kasvilajistosta on käännettävissä ja osin jo käännettykin 'BD-kielelle' (Reinikainen 1995a). Tutkimuksen ja viime kädessä monimuotoisuuden hoidon näkökulmasta on oleellista pyrkiä diversiteetin eri tasojen vuorovaikutusten ja syy-seuraussuhteiden analyysiin.

Maassamme on tämän vuosisadan alussa ollut luonnontilaista suota n. 10,4 milj. ha. (Päivänen 1990), josta lähes 5,7 milj. ha on ojitettu metsänkasvatusta varten. Pyöreästi joka kuudes hehtaari Suomen pinta-alasta on ojitettua turvemaata. Etelä-Suomessa peräti n. 75 % suopinta-alasta on ojitettu. Toimeliaimmat ojitusvuodet sattuivat 1960- ja 70-luvuille. Ojitusalueista lähes kolme viidesosaa edustaa muuttumia (II kuivatusvaihe), loppu jakautuu lähes tasan ojikkoiden (I) ja turvekankaiden (III) kesken (Tomppo & Henttonen 1996). Viime

aikoina soiden uudisojitus on miltei loppunut, ja ojituksessa on keskitytty kunnostusojitukseen.

Metsäojitusta, soiden maataloudellista hyväksikäyttöä (n. 700 000 ha) (Lappalainen & Hänninen 1993) ja turpeennostoa (n. 48 800 ha) (Turveteollisuustilastoja 1994) on seurannut ekologinen mullistus. Vain metsätalous on jättänyt suon muuttumaan pääosin luonnonvaraisena ekosysteeminä. Siksi metsänparannustoimenpiteiden vaikutukset ovat tieteellisesti kiinnostavampia kuin "täystuhot", joiden tulokset summittain tiedetään (Reinikainen 1980).

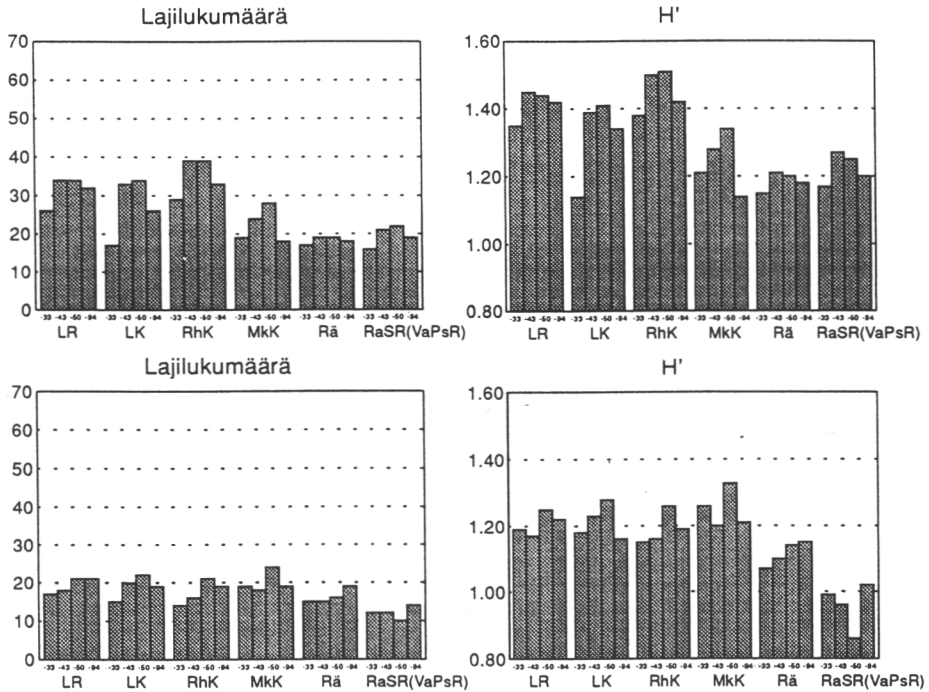
Monimuotoisuustarkastelussa on määriteltävä mihin eliöryhmään se kohdistuu. Ottaen huomioon monimuotoisuus-käsitteen laajuuden ja eliöryhmien kirjon on seuraavassa mahdollisuus vain muutamiiin esimerkkeihin ja luonnehdintoihin metsäojituksen (suometsätalouden) vaikutuksista turvemaaekosysteemien biodiversiteettiin. Ojituksella on myös (ollut) vaikutuksensa soiden alapuolisten vesien eliöstöön ja monimuotoisuuteen. Vesiensuojeluohjeet ja -määräykset ovatkin kiristyneet viime vuosina.

Aluskasvillisuus

Vesi- ja ravinnetekijöiden vaihtelu ja yhdistelmämahdollisuudet ovat soilla suuret. Tämä aiheuttaa suokasvupaikkojen moninaisuuden (Eurola ym. 1994). Ilmatilan lisääntyessä ojituksen seurauksena juuristojen toimintaedellytykset paranevat, hajottajien toiminta vilkastuu ja ravinteiden kierto nopeutuu (Päivänen 1990). Ojitus vaikuttaa kuitenkin kasvien ravinteiden ottoon siten, että viljavia kasvupaikkoja suosivat lajit yleensä vähenevät. Tämä liittyy kuivumiseen ja happamuuden kasvuun ja sitä kautta kasvien ravinteiden saantia säätelevään vaihtokapasiteettiin. Kasvit tuottavat vetyioneja ja vaihtavat niitä kasvualustan emäsravinteisiin. Kun ojituksen seurauksena vesitilavuus pienenee ja happamuus kasvaa (Vahtera 1955), kasvupaikalle leviää laji, jonka vaihtokapasiteetti on kosteammalla alustalla viihtyvän lajin vaihtokapasiteettia korkeampi (Puustjärvi 1968). Vesi- ja ravinnetalous kytkyvät näin toisiinsa.

Ojitus muuttaa kasvualustaa hydrologisesti tarkastellen yleensä mätäspinnaksi (Eurola & Holappa 1984). Hyvän vaihtokapasiteetin omaavat karujen kasvupaikkojen mätäspintalajit, esim. suovarvut, saattavat tilapäisesti hyötyä, kun taas pienemmän vaihtokapasiteetin väli- ja rimpipintalajit taantuvat ja häviävät. Monet neva- ja lettolajit vaativat runsaasti kosteutta ja useimmiten myös valoisuutta. Ne häviävät helposti kasvillisuuden sulkeutuessa ojituksen seurauksena (Pie-nimäki 1982, Laine ym. 1995, Hotanen ym. 1996). Selvää on, että suokasvisekoitus ojitetuilla turvemilla lisääntyy kohti pohjoista humidimman ilmaston vuoksi.

Ojituksenjälkeinen sukkessio, joka voidaan jakaa kahteen osittain päällekkäiseen vaiheeseen, kuivumis- ja metsäsuikkessioon (Reinikainen 1984), on kasvilajilukua (ja useita muita alfa-diversiteettitunnuksia) tilapäisesti kasvattava (kuva 1). Parinkymmenen vuoden päästä ojituksesta saavutetaan lajiluvun huippu.



Kuva 1. Kenttä- (yllä) ja pohjakerroskasvien (alla) lajilukumäärä ja Shannonin diversiteetti-indeksi (H') (Kouki 1993) suotyypeittäin eri havaintokerroilla Teuravuoman koeojitusalueella Länsi-Lapissa (ojitus v. 1933).

Läsnä ovat tällöin sekä suo- että metsälajit. Vain runsaasti kosteutta vaativat lajit ovat kadonneet. Perussääntö on: mitä viljavampi ja kosteampi kasvupaikka, sitä nopeampi sekundaarisukcessio (Sarasto 1961). Lajimäärän maksimi saavutetaan viljavilla suotyypeillä yleensä aikaisemmin kuin karuilla typeillä, ja lajimäärän nousu on sitä suurempi mitä runsaslajisempi suotyyppi on alunperin ollut. Myöhemmin varsinkin suolajien määrä laskee sitä nopeammin mitä ravinteisempi suo on, mikä on yhteydessä myös puuston nopeaan kehitykseen (Reinikainen 1984, Laine ym. 1995, Vasander ym. 1996).

Turvekangasvaiheessa, ojitusalueen siirryttyä vallitsevasti metsäsuikkession piiriin, varsinkaan karujen kasvupaikkojen lajilukumäärä ei paljon poikkea ojittamattomaan verrattuna (Laine ym. 1995, Reinikainen 1995b). Lajit ovat kuitenkin erilaisia alkuperäiseen suokasvupaikkaan verrattuna. Tämän vuoksi pelkkä

lajilukumäärä on huono monimuotoisuuden mitta. Suo on tuskin saanut uusia kasvilajeja, mutta on menettänyt suolajeja: esim. Vilppulan Jaakkoin suon kasvilajisto on kokonaismäärältään n. 60 % alkuperäisestä (Reinikainen 1984). Menetettyjen joukossa saattaa olla maakunnallisesti tai jopa valtakunnallisesti harvinaisia. Monimuotoisuus on siten aina myös mittakaavakysymys. Tämä on alueekologisen suunnittelun peruslähtökohtia.

Pienentäessään radikaalisti suokasvupaikkojen välisiä vesitalouseroja ojitus muuttaa lukuisia luonnontilaisia suotyyppejä kohti harvalukuisia kangasmaiden metsätyyppejä (vrt. Reinikainen 1984). Tällöin sukcession edetessä kasvillisuuden kokonaisvaihtelu ja siten tyyppien välinen vaihtelu eli beta-diversiteetti pienenee (mm. Hotanen & Vasander 1992, Vasander ym. 1996). Vaikka suon entisyyden leima säilyy pitkään myös turvekankaiksi kehittyvissä suometsissä (Reinikainen 1988), on selvää, että turvekangastyyppejä on paljon vähemmän kuin suotyyppejä (Laine & Vasander 1990). Soiden lisämääreitä myös ojitusalueilla soveltamalla tulevat myös monimuotoisuusnäkökohdat luokittelussa paremmin huomiioon otetuksi (Huikari 1995).

Metsäojitus korostaa reuna- ja keskustavaikutuksen merkitystä kasviyhteisöjen koostumusta määräävänä tekijänä luonnontilaisten soiden trofian ja kosteuden sijaan (Eurola ym. 1995, Hotanen ym. 1996). Reunavaikutusmuodoista kyse on metsänkasvatuksellisesti tärkeästä korpisuudesta ja sen myötävaikutuksella nopeasta ja tyypillisestä tkg-sukcessiosta (Reinikainen 1989). Tehokas ojitus useimmiten katkaisee luhtaisuus- ja lähteisyys-reunavaikutuksen. Kaikki (luonnontilaiset) reunavaikutusmuodot ovat merkittäviä monimuotoisuuden lähteitä.

Luonnontilainen suo (suoyhdistymä, suoalue) voi olla hyvin erilaisten kasviyhteisöjen muodostama: avosoita, puoliaukeita rämeitä, runsaspuustoisia, mäntyvaltaisia rämeitä sekä korpimetsiä kuusikoista sekametsiköihin. Kuvioden rajat ovat joko liukuvia tai jyrkkiä, myös ympäröiviin kangasmetsiin nähden. Tästä syntyy vaihtelua - tosin vaikeasti mitattavaa - jolla on merkitystä paitsi ihmiselle maisemana myös muille eliöille, esim. linnuille ja nisäkkäille niiden elinympäristönä. Suon onnistuneesti metsityttyä ojituksen seurauksena se ei juuri erotu ympäröivästä metsämaisemasta (Reinikainen 1995b). Gamma-diversiteetti on tällöin alentunut.

Puusto

Ojitushetkellä vallitseva puuston eri-ikäis- ja erikokoisrakenne säilyy ja jopa korostuu ojituksen jälkeen (Hökkä & Laine 1988, Uuttera ym. 1996a). Uutteran ym. (1996a) mukaan ojituksen ja mahdollisen kunnostushakkuun vaikutus näkyi mm. puiden lukumäärän ja läpimittajakauman vaihteluvälissä niin rämeillä kuin korvissa siten, että tunnukset saivat pienimmät arvonsa ojjikkovaiheen metsi-

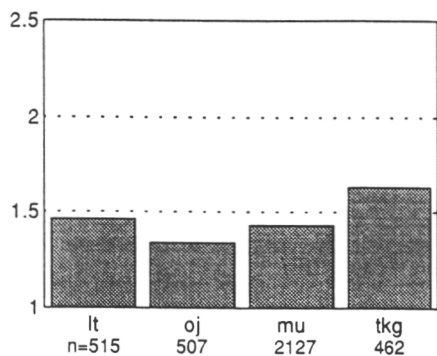
köissä, jonka jälkeen vaihtelu lisääntyi ylittäen ojittamattomien soiden arvot viimeistään turvekangasvaiheessa (kuva 2). Tähän voi osaksi vaikuttaa se, että Suomessa ojittamattomat suot eivät välttämättä ole luonnontilassa, vaan puustoa on saatettu käsitellä harsintahakkuiden tapaisesti poistamalla järeintä ja vanhinta puustoa (Päivänen 1990). Esimerkiksi luonnontilaiset suot Venäjän Karjalassa saivat suurempia puuston rakennetunnusten arvoja kuin vastaavalla maantieteellisellä leveydellä ja vastaavilla ravinteisuustasoilla esiintyvät ojittamattomat suot Suomessa. Myös keski-ikältään luonnontilaiset venäläiset suopuustot olivat suomalaisia ojittamattomien soiden puustoja vanhempia (Uuttera ym. 1996b).

Uutteran ym. (1996a) tutkimuksen mukaan puuston rakenteen monimuotoisuus lisääntyi kasvupaikan ravinteisuustason kohotessa niin korvissa kuin rämeillä. Sen sijaan omistajaryhmittäisiä eroja suopuustojen rakenteessa ei havaittu päinvastoin kuin kivennäismaiden metsissä, joissa yksityisten omistamissa metsissä rakennevaihtelu oli suurinta (Maltamo ym. 1996). Ojitus voi aiheuttaa kasvuolosuhteissa niin suuren muutoksen, että mahdolliset omistajaryhmittäiset erot kunnostushakkuissa saattavat peittyä kasvureaktion alle tai sitten ojitus ja sitä mahdollisesti seuraava kunnostushakku on tehty samalla intensiteetillä omistajaryhmästä riippumatta. Asiaan voi vaikuttaa myös se, että tähän mennessä ojitusaloilla on tehty suhteellisen vähän metsänhoitotoimenpiteitä (Paavilainen & Päivänen 1995).

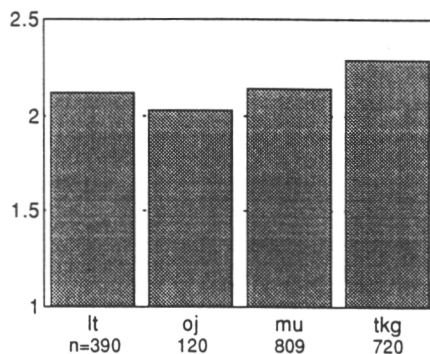
Luonnontilaisten soiden puustot ovat aitoja korpia lukuun ottamatta yleensä harvoja ja puusto on jakaantunut epätasaisesti, erityisesti nevämaisilla rämeillä ja korvilla (mm. Päivänen 1990). Ojituksen jälkeen puustot alkavat täydentyä aukkopaiikkojen täytyessä taimiaineksesta. Ojituksen aiheuttama välitön reaktio, varsinkin ravinteisimmilla sekatyypeillä, on pieniläpimittaisten puiden, etupäässä koivun voimakas lisääntyminen. Runkoluvusta laskettu osuus lisääntyy korpityypeillä pohjoiseen ja rämeillä etelään päin siirryttäessä. Pienten puiden lukumäärän lisääntyminen hidastunee vasta metsiköiden saavuttaessa kehitysvaiheeseensa nähden täystiheiden (Hökkä & Laine 1988). Vaikka puuston ryhmittyyneisyydestä johtuva aukkoisuus väheneekin ojituksesta kuluvan ajan myötä, on ojitusalueille edelleen ominaista puuston ryhmittyyneisyys, erityisesti korprien ja rämeiden sekatyypeillä. Toisaalta myös ojitus aiheuttaa kehittyvään puustoon epätasaisuutta: puiden kasvu on yleensä sitä parempaa, mitä lähempänä oja ne kasvavat (Päivänen 1990). On todennäköistä, että luontaisen uudistamisen tai metsänviljelyn jälkeen syntyneissä toisen puusukupolven ojitusaluemetsissä puuston rakennekehitys on lähempänä kangasmaametsien kehitystä (Hökkä & Laine 1988).

Rämeet

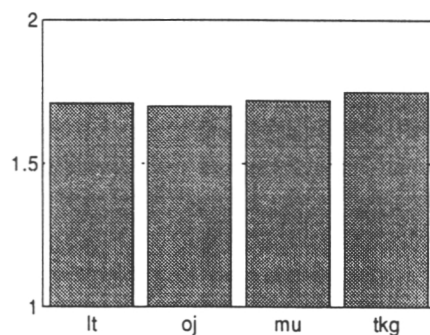
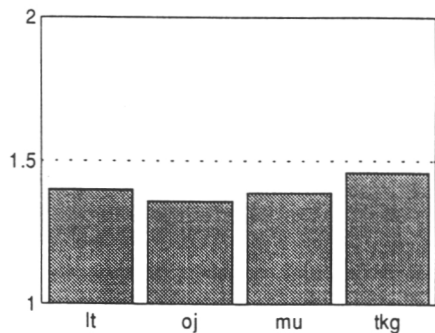
Puulajien lukumäärä



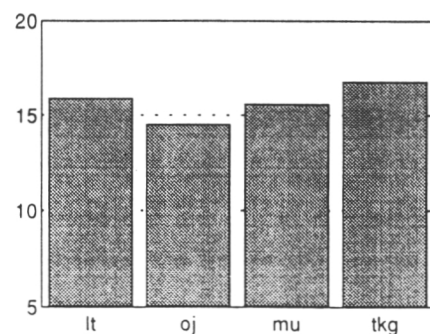
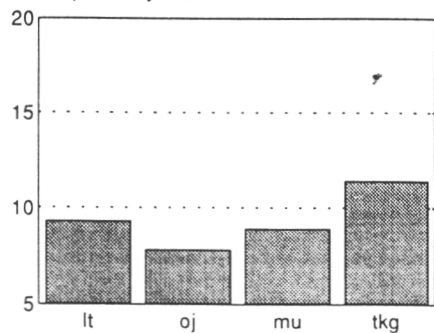
Korvet



Puujaksojen lukumäärä



Lämpimittajakauman vaihteluväli



Kuva 2. Eräitä suopuustojen rakennetunnusten arvoja Keski- ja Etelä-Pohjanmaan, Keski-Suomen, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsälautakuntien alueella ojitussukessiivaihteittain (lt = ojittamaton, oj = ojikko, mu = muuttuma, tkg = turvekangas). Aineisto: 8. VMI (ks. tarkemmin Uuttera ym. 1996a).

Sienet, linnut ja selkärangattomat

Hajottajaeliöinä ja metsäkasvien sienijuurisymbiontteina suursienten runsaus on suon metsäisyydestä ja puiden kasvusta riippuvainen: korpisoilla sekä lajimäärä että biomassassa ovat suurimmat, rämeillä paljon pienemmät ja nevoilla lähes olemattomat (Saari & Salonen 1983). Ojitus saa suursienistössä aikaan lajimäärän ja sadon kasvun. Ojituksesta, jota lannoitus voi vielä tehostaa, hyötyvät mm. monet rousku-, tatti- ja haperolajit (esim. Salo 1981, 1993). Selvää on, että erikoistuneet suolajit kuten esim. uhanalaiset lettosatahelletta, sammaltorvikka ja kosteikkomörsky katoavat.

Suolinnuston rakenne vaihtelee suotyypin ja suoyhdistymätyyppin mukaan. Osa soiden tyypillisestä, linnustosta on vain soilla esiintyvää, mutta Etelä-Suomessa soilla on merkitystä myös pohjoisen lajiston elinympäristönä. Linnuston muutos ojituksen jälkeen myötäilee metsittymistä (Väisänen & Rauhala 1983, Reinikainen 1995b). Kahlaajat (poikkeuksena metsäviklo) katoavat nopeasti ja avomaan pikkulinnut kuten esim. keltävästäräkki, kiuru ja niittykirvinen metsikön sulkeutuessa. Jo muutenkin runsaat metsälajit yleistyvät. Riistalinnuista esim. teeri on monin paikoin hyötynyt metsäojituksesta samoin kuin riistalajeista keskeisin, hirvi. Erityisesti alueilla, joilla kangasmetsät ovat luontaisesti valtaosaltaan karuja, syntyvät rehevämät turvepohjaiset metsätyypit voivat lisätä linnuston biotoopipivalikoimaa. Avoimien suomaiden ekologista merkitystä tämä ei tietenkään korvaa.

Monille selkärangattomille, esim. perhosille ja hämähäkeille sekä maaperäeliöstölle on tyypillistä suuri erikoistuminen niin elinympäristöiltään kuin toiminnoiltaan. On selvää, että ojitus aiheuttaa muutoksia. Kahden ensiksi mainitun ryhmän lajiston tiedetään köyhtyvän (mm. Koponen 1985, Mikkola 1987, Väisänen 1988). Ojituksen jälkeen monilukuisen maaperäeliöstön yksilömäärät kasvavat ja maaperän toiminta vilkastuu hapekkaan pintakerroksen paksuunnuttua (esim. Vilkamaa 1981, Markkula 1986). Mutta vaikuttaako metsäojitus suolajiston diversiteettiä alentavasti ja muun lajiston diversiteettiä lisäävästi, on pitkälti vain todennäköisyyksien varassa.

Metsäojitus ja uhanalaisuus

Suoluonnon suureen muutokseen nähden uhanalaisten suoliölajien määrä on pieni: 83 lajia eli 5 % tunnetuista uhanalaisista lajeista (Taulukko 1) (Rassi ym. 1992). Tähän on syynä melko kattava soidensuojelu, mutta myös ojituskohteiden valintakriteerit. Karuja soita ja viljaviakaan avosoita ei ole kovin herkästi ojitettu etenäkään Suomen pohjoispuoliskossa. Suojeltu suopinta-ala koko maassa on n. 838 000 ha, mikä on 8 % alkuperäisestä suoalasta ja 30 % suojellusta kokonais-

maa-alasta (Aapala & Lindholm 1995). Pohjois-Suomessa suojeltujen soiden osuus kokonaissuopinta-alasta on 13 %, mutta Etelä-Suomessa vain 2 %.

Kaikkiaan ojituksen (+ turpeenoston) lasketaan olevan ensisijaisena syynä 87 lajin ja yhtenä syynä 129 lajin uhanalaisuuteen (taulukko 2). Uhanalaisuudessakin on eri asteita. Lajeista, joiden ensisijainen uhka on ojitus (+ turpeenosto), lievimpään eli silmälläpidettävään ryhmään kuuluu 63 %. Lajeista, joiden yhtenä uhanalaisuuden syynä on ojitus, kuuluu silmälläpidettäviin 58 %. Kaikkiaan maamme 1 692 uhanalaisesta lajista valtaosa eli 61 % kuuluu tähän ryhmään (Rassi ym. 1992).

Taulukko 1. Valtakunnallisesti uhanalaisten lajien lukumäärä soiden päätyyppi-ryhmien mukaan (Rassi ym. 1992).

	Selkä- rankaiset	Selkä- rangattomat	Putkilo- kasvit	Itiö- kasvit	yht.
Letot	-	8	15	15	38
Nevat	1	5	-	4	10
Rämeet	-	12	1	2	15
Korvet	-	3	5	9	17
yht.	1	29	21	32	83

Taulukko 2. Ojituksen ja turpeenoton vaikutus uhanalaisuuteen eliöryhmittäin (sulkeissa lajien määrä, joiden vähenemiseen/uhanalaisuuteen tekijä on yhtenä syynä, mutta ei ensisijaisena) (Rassi ym. 1992).

Selkä- rankaiset	Selkä- rangattomat	Putkilo- kasvit	Itiö- kasvit	yht.
2 (3)	30 (37)	23 (37)	32 (52)	87 (129)

Valtaosa uhatuista suolajeista on lettosoiden putkilo- ja itiökasveja sekä selkä-rangattomia (taulukko 1). Ensisijaisesti metsäojituksen ja turpeenoton arvioidaan hävittäneen maastamme (Ahvenanmaalta) vain yhden lajin, hentosiipisammalen (*Fissidens gracilifolius*) (toissijaisena syynä kemialliset haittavaikutukset) (Rassi ym. 1992). Ojitus on yhtenä syynä muiden joukossa ollut uhanalaistamassa valtakunnallisesti kahta lintulajia, muuttohaukkaa ja kaakkuria. Muuttohaukan kanta on nyt vahvistunut ja pesimäympäristöjen suojelu parantunut soidensuojeluohjelman toteuduttua. Kaakkuri kuuluu silmälläpidettäviin taantuneisiin lajeihin (Rassi ym. 1992).

Soitten kuivatus on voimakkaasti vähentänyt joitakin, lähinnä viljavia ja kasvillisuudeltaan rikkaita suotyyppejä varsinkin Etelä-Suomessa. Kasvitieteellisin pe-

rustein erotetuista noin sadasta suotyypistä uhanalaisia on 12 tyyppiä, lisäksi kasvillisuusvyöhykkeittäin uhanalaisia on 11 tyyppiä. Ne ovat pääasiassa lettoja, lähteikköjä, reheviä korpia ja puustoisia luhtia (Aapala & Lindholm 1995).

Voidaan myös kysyä: jos ojitus ei ole täysin hävittänyt yhtään suotyyppiä, mutta on luonut uusia turvemaan tyyppisiä, eikö ojitus ole jossain skaalassa lisännyt kasvupaikkavaihtelua? Tällöin on kuitenkin otettava huomioon alueellisuus ja sen eri tasot (mittakaava) ja se, ettei ojitus tiettävästi ole pelastanut lajeja uhanalaisuudelta saati mahdollistanut uusien metsä- ja suolajien esiintymistä turvemilla. Kyse on monipuolisen suoluonnon alueellisesta kattavuudesta (Aapala ym. 1996).

Suoyhdistymätasolla edustavien, suojeltujen yhdistymien verkko tihenee ja paranee pohjoista kohti. Verkko sisältää kaikilta suokasvillisuusvyöhykkeiltä vähintään yhden yhdistymätyypin edustajan (Aapala & Lindholm 1995). Lisäsuojelun tarvetta on erityisesti maan eteläpuoliskossa viimeisten laajojen, lähes luonnontilaisten suoyhdistymien kohdalla.

Loppuponsia

Monimuotoisuuden, uhanalaisuuden ja suojelun näkökulma edellyttäisi nykyistä kattavampaa tietoa eliömuutoksista ojituksen seurauksena. Toistaiseksi tiedetään jokseenkin riittävästi vain aluskasvillisuudesta ja puustosta. Tosin aapasuovyöhykkeeltä on esitetty hyvin vähän tietoja ojitusaluiden kasvillisuuden rakenteesta, vaikka noin puolet maamme ojitushehtaareista sinne sijoittuukin (vrt. Hotanen ym. 1996). Turvaamalla luonnontilaisten suokasvupaikkojen kirjoa pelastetaan 'tietämättäkin' paljon. Uusien metsä- ja luonnonsuojelulakien ansiosta turvemaiden uhanalaisuustilanne helpottuu entisestään.

Lehtipuusekoituksen kasvulla, mitä tapahtuu mm. ojituksen jälkeen, tiedetään olevan edullisia vaikutuksia metsien eliöstölle ja monimuotoisuudelle. Soveltamalla uusimpia metsänkäsittelyohjeita voidaan ojitettujen turvemaiden talousmetsissä hoitaa metsäluonnon, mutta ei juuri suoluonnon monimuotoisuutta.

Viime aikoina on alkuperäisten soiden suojelun ohella tullut esille ojitettujen turvemaiden aktiivinen luonnontilan palauttaminen (Heikkilä & Lindholm 1995). Menettelytapa tulee kysymykseen lähinnä suojelualueilla, joilla monesti on myös ojitusalueita. Palauttamiseen on vaikuttanut myös se, että osa ojituksista — alueellisesti ja eri inventointien mukaan vaihtelevasti (Saarinen 1994) — on osoittautunut metsätaloudellisesti epäonnistuneiksi.

Soiden puuston vuotuinen kasvu oli (1989-1994) yhteensä 17,8 milj. m³, mikä on 24 % puuston kokonaiskasvusta. Ojitetuilla soilla kasvu oli 14,9 milj. m³, josta Etelä-Suomen soilla 10,8 milj. m³ (Tomppo & Henttonen 1996). Metsäojitukset-

la aikaansaaduksi vuotuiseksi kasvunlisäykseksi on laskettu n. 9 milj. m³ eli lähes 12 % Suomen metsien vuotuisesta kokonaiskasvusta (Keltikangas 1990). Luku tulee kasvamaan ja myös hakkuumahdollisuudet paranemaan ojitusmetsien rakenteen muuttuessa kohti varttuneempia kehitysluokkia. Toisella puolen vaakakupissa on suoluonnon väheneminen ja ojitusten muut ympäristövaikutukset.

Suometsät ovat kalliimpia hakata kuin kangasmetsät (hakkuukertymä, ojasto). Osa tarvittavista hakkuista, esim. ensiharvennukset, saattaa jäädä rästiin. Tämä edelleen lisää puuston heterogeenisuutta. Ojitusmetsien vanhetessa niihin voi alkaa kertyä yhä enemmän hakkuusäästöä, jopa lahopuuta. Kunnostusojituskel-poiseiakin turvemaita saattaa jäädä kunnostamatta. Lahopuun määrä lisääntyy. Sen vähäisyys on yksi keskeisimmistä uhanalaisuuden syistä.

Biodiversiteetti on yksi näkökulma luonnon tarkasteluun. Luonnonsuojelun kan-nalta se on tarpeellinen käsite, vaikka paikallisen tason työvälineenä sitä on monesti hankala ja arveluttava käyttää. Professori Olli Järvisen (sit. Kouki 1993) sanoin: "...perussääntönä tulisi pitää huomion kohdistamista uhanalaisten alueiden pelastamiseen - ei niinkään esim. 'diversiteetin säilyttämiseen'. Sekä diver-siteetin mittaaminen että tulkinta ovat mielenkiintoisia teoreettisen ekologian kysymyksiä, mutta suojelualueiden suunnittelussa tehtävänä on turvata alkupe-räistä luontoa eikä 'diversiteettiä'".

Tarkasteltaessa maamme suoluontoa kokonaisuutena, ja olkoonpa näkökulma suometsätalouden, monimuotoisuuden, uhanalaisuuden tai suojelun, voidaan osoit-taa, että turvemaista huolehtineet ovat onnistuneet tehtävässään vähintään koh-tuullisesti.

Kirjallisuus

- Aapala, K. & Lindholm, T. 1995. Valtionmaiden suojellut suot. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A, No 48. 155 s.
- Aapala, K., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 1996. Protecting the diversity of Finnish mires. In: Vasander, H. (ed.), Peatlands in Finland: 45-57. Finnish Peatland Society.
- Eurola, S. & Holappa, K. 1984. Luonnontilaisten soiden ekologia ja soiden met-säojituskelpoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 90-108.
- Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1994. Suokasvillisuusopas. Oulanka Reports 13. 81 s.
- Eurola, S., Laukkanen, A. & Moilanen, M. 1995. The significance of the original mire site type in the classification of old drainage areas. An example from Muhos, Finland (64° 49'N, 26° E). *Aquilo Ser. Botanica* 35: 39-44.

- Heikkilä, H. & Lindholm, T. 1995. Metsäojitettujen soiden ennallistamisopas. Abstract: Guide for the restoration of mires drained for forestry. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B:25. 101 s.
- Hotanen, J.-P. & Vasander, H. 1992. Eteläsuomalaisten metsäojitettujen turve-
maiden kasvillisuuden numeerinen ryhmittely. Summary: Post-drainage de-
velopment of vegetation in southern Finnish peatlands studied by numerical
analysis. *Suo* 43: 1-10.
- Hotanen, J.-P., Nousiainen, H. & Paalamo, P. 1996. Kasvillisuuden sukkessio ja
monimuotoisuus Teuravuoman koeojitusalueella Länsi-Lapissa. Kuopion yli-
opiston julkaisuja C. Luonnontieteet ja ympäristötieteet 45: 30-32.
- Huikari, O. 1995. Metsämaiden luokitus ekologista kartoitusta varten. 66 s. Kir-
jayhtymä.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen.
Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peat-
land forest stands. *Silva Fennica* 22: 45-65.
- Keltikangas, M. 1990. Ojitettujen soiden merkitys Suomen puuhuollolle nyt ja
tulevaisuudessa: missä kannattaa kunnostusojitus? Vesi- ja ympäristöhalli-
tuksen monistesarja 268: 7-14.
- Koponen, S. 1985. Soiden hämähäkilajiston muutoksista. Abstract: On chan-
ges in the spider fauna of bogs. *Memoranda Societas Fauna et Flora Fennica*
61.
- Kouki, J. 1993. Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä - katsaus ekologisiin
tutkimustarpeisiin ja suojelun mahdollisuuksiin. Metsähallituksen luonnonsuo-
jelujulkaisuja. Sarja A, No 11. 88 s.
- Laine, J. & Vasander, H. 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä. 80 s.
- Laine, J., Vasander, H. & Laiho, R. 1995. Long-term effects of water level
drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. *Jour-
nal of Applied Ecology* 32: 785-802.
- Lappalainen, E. & Hänninen, P. 1993. Suomen turvevarat. Geologian tutkimus-
keskus. Tutkimusraportti 117. 117 s.
- Maltamo, M., Uuttera, J. & Kuusela, K. 1996. Variation of mineral soil forest
stand structures between different forest ownership groups in Central-Fin-
land (käsi kirjoitus, *Journal of Environmental Management*).
- Markkula, I. 1986. Comparison of the communities of the oribatids (Acari: Cryp-
tostigmata) of virgin and forest-ameliorated pine bogs. *Annales Zoologici
Fennici* 23: 33-38.
- Mikkola, K. 1987. Förändringar av fjärilsfaunan i Finland i relation till biotopfö-
rändringar efter år 1950. Abstract: Changes in the Finnish lepidopteran fau-
na since 1950 in relation to environmental changes. *Ent. Meddr.* 55: 107-113.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland Forestry: Ecology and Principles.
Springer. Ecological Studies, Vol 11. 248 s.
- Pienimäki, T. 1982. Kasvillisuuden ojituksenjälkeinen kehitys erällä suotyypeillä
Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Development of vegetation on some drained
mire site types in North-Ostrobotnia. *Suo* 33: 113-123.
- Puustjärvi, V. 1968. Suotyypin muodostumiseen vaikuttavista tekijöistä. Sum-
mary: Factors determining bog type. *Suo* 19: 43-50.
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. 231 s. Kirjayhtymä.
- Rassi, P., Kaipainen, H., Mannerkoski, I. & Ståhls, G. 1992. Uhanalaisten eläin-
ten ja kasvien seurantatoimikunnan mietintö. Komiteanmietinto 1991:30. 330 s.

- Reinikainen, A. 1980. Miten suomme nykyisin muuttuvat? *Luonnon Tutkija* 84(3): 125-127.
- Reinikainen, A. 1984. Suotyypit ja ojituksen vaikutus pintakasvillisuuteen. Julkaisussa: Jaakkoinsoon koeojitusalue 75 vuotta. Summary: Jaakkoinsoo experimental drainage area 75 years. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 156: 7-21.
- Reinikainen, A. 1988. Metsäojitettujen soiden kasvupaikkaluokituksen suunnanhakua. Summary: The need of improving the site classification of mires drained for forestry. *Suo* 39: 61-71.
- Reinikainen, A. 1989. Luonnontilaisesta suosta turvekankaaksi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 337: 15-25.
- Reinikainen, A. 1995a. VMI ja metsäkasvillisuuden monimuotoisuus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 564: 103-115.
- Reinikainen, A. 1995b. Metsäojituksen ja suometsätalouden vaikutus biodiversiteettiin. Julkaisussa: Korhonen, R. (toim.), Suoseura ry:n opintoretkeily Pirkanmaalla 5-6.9. 1995. *Geologian tutkimuskeskus*: 63-68.
- Saari, V. & Salonen, V. 1983. Luonnontilaisten suotyypien sienisadoista Korpi-lahden Ristisuolla vuosina 1981 ja 1982. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 91: 11-20.
- Saarinen, M. 1994. Virheojitukset eri inventointien valossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 8-14.
- Salo, K. 1981. Metsänparannustoimenpiteiden vaikutus rämeiden sienisatoon. Summary: The effect of forest amelioration on mushroom yield on pine bogs. *Suo* 32(1): 1-6.
- Salo, K. 1993. The composition and structure of macrofungus communities in boreal upland type forests and peatlands in North Karelia, Finland. *Karstenia* 33: 61-99.
- Sarasto, J. 1961. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. *Acta Forestalia Fennica* 74(5). 47 s.
- Tomppo, E. & Henttonen, H. 1996. Suomen metsävarat 1989-1994 ja niiden muutokset vuodesta 1951 lähtien. METLA. *Metsätalastiedote* 354. 18 s.
- Turveteollisuuslaitosten tiedonantoja 1994. *Suo ja Turve* 1/1994: 17-20. Turveteollisuusliitto ry.
- Uuttera, J., Maltamo, M. & Hotanen, J.-P. 1996a. Stand structure of undrained and drained peatland forests in central Finland. Tiivistelmä: Suometsien rakenne-erot keskisessä Suomessa. *Suo* 47(4): 125-135.
- Uuttera, J., Maltamo, M. & Hotanen, J.-P. 1996b. The structure of forest stands on virgin and managed peatlands. A comparison between Finnish and Russian Karelia (käsi kirjoitus, *Forest Ecology and Management*).
- Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(4): 108 s.
- Vasander, H., Laiho, R. & Laine, J. 1996. Changes in species diversity in peatlands drained for forestry. In: Trettin, C. et al. (eds.), *Ecology and Management: Forested Wetlands*. Lewis Publishers. (In press).
- Vilkamaa, P. 1981. Isovarpuisen rämeen ja sen metsänparannusmuuttumien maaperäeläimistö. Summary: Soil fauna in a virgin and two drained dwarf shrub pine bogs. *Suo* 32(4-5): 120-122.

- Väisänen, R. 1988. Human impact on the Finnish insect fauna. Tiivistelmä: Ihmistoiminnan vaikutus Suomen hyönteislajistoon. *Memoranda Societas Fauna et Flora Fennica* 64: 2-10.
- Väisänen, R. A. & Rauhala, P. 1983. Succession of land bird communities on large areas of peatland drained for forestry. *Annales Zoologici Fennici* 20: 115-127.

METSÄTALOUDEN VESISTÖVAIKUTUKSET TURVEMAILLA

Erkki Ahti

Vesitaseen muutokset

Ennen ojitusta suon vesitase (sateen jakautuminen valuntaan ja haihduntaan) on vakaa. Tätä kuvastaa lähellä maanpintaa pysyttelevä pohjavesipinta. Ennen ojitusta haihdunta dominoi vesitasetta: esimerkiksi lumettoman ajan sateista lähes 2/3 haihtuu. Ojitus alentaa pohjavesipintaa ja suurentaa sen syvyysvaihtelua. Samalla myös vesitase muuttuu epävakaaksi, ja valunta kasvaa. Vähäpuustoisella suolla valunnan osuus lumettoman ajan vesitaseesta saattaa välittömästi ojitusta seuraavina vuosina olla 2/3 ja haihdunnan osuus vastaavasti vain 1/3. Metsäojitus suurentaa myös lumien sulamisen sekä erityisesti kesäsateiden aiheuttamia valuntahuippuja.

20–30 vuodessa vesitase palautuu lähelle alkutilannetta. Tämä johtuu osittain puuston lisääntyvästä haihdunnasta, mutta osittain myös ojaverkoston rappeutumisesta. Ojituksen vaikutus voimakkaiden kesäsateiden aiheuttamiin valuntahuippuihin on luonteeltaan pysyvämpi. Tällaisten sateiden yhteydessä haihdunnan merkitys on pieni, ja valunta tapahtuu pinta-valuntana, jolloin ojasyvyyden merkitys on vähäinen. Pitkällä aikavälillä ojitus pienentää kevään tulvahuippua. Tämä johtuu puuston lisääntyvästä varjostuksesta, joka hidastaa lumien sulamista.

Kunnostusojituksen vaikutuksista turvemaiden vesitaseeseen on toistaiseksi käytävissä niukasti tutkimustuloksia (Ahti ym. 1995a, Manninen 1995). Vaikutuksen suuruusluokka riippuu siitä, missä määrin vesitaseen palautuminen uudisojituksen jälkeen johtuu puuston haihdunnasta ja missä määrin ojaston rappeutumisesta. Useimmilla ojitusalueilla lisääntyneen puuston merkitys lienee ratkaiseva, ja kunnostusojituksen vaikutus suon vesitaseeseen jää selvästi pienemmäksi kuin uudisojituksen. Kunnostusojituksen vaikutus saattaa kuitenkin olla lähes uudisojituksen luokkaa sellaisilla ojitusalueilla, joiden puuston kehitys on jäänyt heikoksi.

Samoin kuin kivennäismailla, erityisesti avohakkuut pienentävät haihduntaa ja suurentavat valuntaa. Sekä vuosivalunta että valuntahuiput kasvavat. Kuten edellä

todettiin, vesitaseen palautuminen uudisojituksen jälkeen lähelle alkutilannetta johtuu todennäköisesti pääosin puuston kehityksestä. Näin puuston poistaminen puolestaan palauttaisi vesitaseen lähelle uudisojituksen jälkeen vallinnutta tilannetta.

Hakkuun jälkeen pohjavesipinta nousee. Mikäli avohakkuun yhteydessä tai välittömästi sen jälkeen tehdään kunnostusojitus, toimenpiteiden aiheuttama vesitaseen muutos on voimakas.

Lannoitus lisää nopeasti puuston biomassaa ja haihduttaa, jolloin pohjavesipinta laskee. Nämä muutokset merkitsevät, että lannoitus pienentää jonkin verran vuosivaluntaa ja pienistä sateista aiheutuvia valuntahuippuja.

Vaikka suon metsätaloudellinen käyttö vaikuttaa suhteellisen voimakkaasti itse suon vesitaseeseen, virtaamasuhteet eivät ole oleellisesti muuttuneet Suomen päävesistöissä.

Veden laatumuutokset

Uudisojituksen ehkä pahin vesistöhaitta on kiintoainekuormituksen kasvu, joka on suurimmillaan kaivutöiden aikana ja muutaman vuoden ajan kaivun jälkeen, ja saattaa herkästi syöpyvillä mailla jatkaa ojaeroosion johdosta kauan (Heikurainen ym. 1978, Ahtiainen ja Huttunen 1995). Ojittaminen ei yleensä oleellisesti vaikuta vesistöjen kannalta kriittisten aineiden, vesiliukoksen typen ja vesiliukoksen fosforin pitoisuuksiin. Typpi- ja fosforikuormitus kuitenkin kasvavat, koska soilta valuvat vesimäärät kasvavat, ja koska kiintoainetta sisältää näitä ravinteita (Ahtiainen ja Huttunen 1995).

Valumavesien happamuus yleensä lisääntyy (pH laskee) ojitettaessa paksuturpeisia, pääasiassa rahkaturvetta sisältäviä soita. Ohutturpeisiä soita ojitettaessa valumavesien pH sen sijaan nousee. Poikkeuksen muodostavat Pohjanmaan alunamaapohjaiset, suhteellisen ohutturpeiset suot, joiden ojittaminen saattaa erittäin voimakkaasti happamoittaa valumavesiä (Komiteanmietintö 1987:62).

Ojituksen vaikutus ns. humuksen (= veteen liuennut orgaaninen aines) huuhtoutumiseen vaihtelee. Ojitettaessa soita, joille valuu huomattavia vesimääriä ympäröiviltä kivennäismailta, humuskuormituksen on todettu laskeneen. Tämä johtuu osittain siitä, että ojasto usein johtaa vähähumuksiset kivennäismaiden vedet suon ohi, kun ne ennen ojitusta kulkivat suon kautta.

Alustavasti näyttää siltä, että kunnostusojituksen vedenlaatuvaikutukset ovat samansuuntaisia kuin uudisojituksen, mutta pienempiä (Ahti ym. 1995a, Manninen 1995). Kiintoainekuormituksen kasvu on myös kunnostusojituksen pahin

vesistöhaitta (Ahti ym. 1995b). Muutaman kunnostusojitusta seuraavan vuoden aikana valumavesien kiintoainepitoisuudet ovat keskimäärin kymmenkertaisia ennen kunnostusojitusta vallinneeseen pitoisuustasoon verrattuna. Kiintoainekuormituksen kasvu merkitsee samalla huomattavaa kokonaistypen ja kokonaisfosforin kuormitusten kasvua. Myös ammoniumtypen, nitraattitypen ja fosfaattifosforin pitoisuudet saattavat kasvaa, mutta erityisesti fosfaattifosforin pitoisuus jää kuormitusmielessä yleensä melko pieneksi.

Kunnostusojituksen vaikutuksesta valumaveden pH-arvo useimmiten kasvaa ja liunneen orgaanisen aineen pitoisuus pienenee.

Turvemaiden avohakkuun on todettu selvästi suurentaneen valumavesien fosforipitoisuuksia (Ahtiainen ja Huttunen 1995). Myös typpipitoisuuksien on todettu turvemaavaltaiten valuma-alueiden hakkuissa kasvaneen. Osittain typpipitoisuuden kasvu aiheutuu samoista syistä kuin kivennäismailla: hakkuutähteistä ja kuolevasta juuristosta vapautuu typpeä, ja turpeesta huuhtoutuu enemmän typpeä, koska hajoaminen nopeutuu eikä typpeä käyttävää kasvillisuutta heti hakkuun jälkeen ole (Nieminen 1995). Myös humuskuormitus todennäköisesti kasvaa nopeutuvan maatumisprosessin myötä.

Turvemaiden lannoituksessa käytetään fosforia, joka on suomalaisten vesistöjen rehevöitymisen kannalta haitallisin alkuaine. Fosforin huuhtoutumisriski on suurimmillaan lannoitettaessa karuhkoja, rahkaturvevaltaisia ojitusalueita, kun lannoite sisältää vesiliukoista fosforia, ja kun lannoite levitetään lumelle (Nieminen ja Ahti 1993, Jarva ym. 1995, Saura ym. 1995). Nykyinen Metsän PK-lannos ei sisällä vesiliukoista fosforia. Sen levittämistä lumelle ei kuitenkaan voida suositella, koska suuri osa lannoitteen sisältämästä kaliumista saattaa tällöin huuhtoutua. Kaliumilla ei ole vesistöjen kannalta merkitystä, mutta metsätalouden kannalta kyllä. Lannoitetyypeä ei turvemailta juuri huuhtoudu, mikäli lannoite levitetään urean muodossa ja lumettomana aikana (Nieminen ja Ahti 1993).

Vuosina 1977-88, jolloin soiden lannoitteet sisälsivät vesiliukoista fosforia, turvemaiden lannoitus oli todennäköisesti metsätalouden piirissä suurin yksittäinen fosforikuormittaja. Käytettäessä lannoitteita, joissa ei ole vesiliukoista fosforia, vesistöihin huuhtoutuvat fosforimäärät ovat pieniä verrattuna esimerkiksi maatalouden fosforikuormitukseen. Fosforin liukoisuudesta riippumatta fosforilannoitus aiheuttaa kuitenkin pitkäaikaista huuhtoutumista (kymmeniä vuosia). Turvemaiden lannoitus on 1990-luvulla ollut vähäistä.

Käytännön vesiensuojelutoimet

Käytännössä on suhteellisen vaikea vaikuttaa valumaveteen liuenneisiin aineosiin. Sen sijaan kiintoaineen huuhtoutumiseen voidaan vaikuttaa sekä oikealla suunnittelulla että teknisillä suojeluratkaisulla.

Kunnostusojituksen suunnittelun keskeisin vesiensuojeluperiaate on välttää suurien vesimäärien johtamista yhden ojan kautta. Samalla suuria ojakaltevuuksia on vältettävä. Nykyisin ojitusalueiden vedet pyritään johtamaan vesistöön mahdollisimman harvoja laskuojia käyttäen, jotta vesistöjen rantoja mahdollisimman vähän rikottaisiin. Tämä ei kuitenkaan merkitse, että aina olisi käytettävä vain yhtä laskuojaa. Suurten hankkeiden yhteydessä eroosiota ja kiintoainekuormitusta voidaan pienentää jakamalla ojitusalueen vedet usealle laskuojalle.

Niskaajat keräävät usein suuria vesimääriä. Niskaajien eroosioriskiä voidaan pienentää ohjaamalla siinä virtaavat vedet tietyin välein sarkaojiin. Koska niskaaja kerää pääasiassa ympäröiviltä kivennäismailta tulevia pintavesiä, se saattaa toimia riittävän hyvin myös madaltuneena, ts. sen perkausta ei aina tarvita.

Mikäli ojitusalueen laskusuhteet sallivat, kiintoainekuormitusta voidaan pienentää kaivukatkein sekä ojaston ja vesistön väliin jätettävillä suojavyöhykkeillä. Suojavyöhykkeet pidättävät hyvin toimiessaan huomattavan osan veteen liuenneista ravinteista.

Myös ojen kaivujärjestyksen oikealla suunnittelulla voidaan vähentää kaivun aiheuttamaa välitöntä kiintoainekuormitusta. Tässä suhteessa tehokas keino on kaivaa lasku- ja kokooja-ojat vuotta sarkaojia myöhemmin.

Kunnostusojitusta suunniteltaessa tulee käyttää hyväksi uudisojitusvaiheen kokemukset. Erityisen eroosioherkät alueet ovat usein uudisojien syöpmisen perusteella paikannettavissa.

Edellä esitetyt suunnittelun keinot ovat jo kunnostusojituksen arkipäivää: ne on mainittu kaikkien kunnostusojitusta harjoittavien organisaatioiden suunnitteluohjeissa. Kun vesi- ja ympäristölainsäädäntö ja myös sen valvonta on jatkuvasti kiristynyt, suunnitteluvirheiden aiheuttama turha kiintoainekuormitus on vähenevässä.

Vijme vuosina on sekä tutkijoiden että vesi- ja ympäristöviranomaisten taholta esitetty, että metsätalouden suunnittelussa tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä valuma-aluekohtaiseen suunnitteluun, toisin sanoen esimerkiksi kunnostusojitusta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon myös lähialueiden metsätalous. Mikäli ojitusaluetta ympäröivillä kivennäismailla toteutetaan laajoja avohakkuita,

suolle valuvien vesien määrä ja ojaston eroosioriski saattavat huomattavasti kaavaa, mikäli ojat samaan aikaan perataan.

Teknisiä vesiensuojeluratkaisuja ovat lietekuopat, laskeutusaltaat ja pintavalutusalueet. Lietekuopat ovat yleensä sarkaojakohtaisia ratkaisuja, joilla pyritään pienentämään sarkaojien kaivutöiden välitöntä kiintoainekuormitusta, kun taas lasku- ja kokoojajoihin kaivettavilla laskeutusaltaiilla pyritään vaikuttamaan kokoojitusalueen kiintoainekuormaan.

Laskeutusaltaat ovat nykyisin varsin yleisessä käytössä. Niillä ei voida vaikuttaa veteen liuenneiden aineiden pitoisuuksiin, mutta kiintoainetta ne oikein suunniteltuina pidättävät suhteellisen hyvin. Laskeutusaltaiden ongelmia ovat mitoitustyhjennys sekä jäätyminen talvella. Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkeskus Tapiola ovat tutkineet laskeutusaltaiden tehokkuutta n. 40 kunnostusojituskohteella (Ahti ym. 1995b).

Pintavalutusalueilla sovelletaan samaa periaatetta kuin ojajatkoksia ja suoja-työhykkeitä käytettäessä: vedet johdetaan tasaisella alueella pintaan, jolloin veden virtauksen hidastuessa ja jakaantuessa isolle alueelle kiintoaineen kulku pysähtyy. Mikäli pintavalutusalueen kasvillisuus ei kuole, se saattaa pidättää myös liukoisia ravinteita.

Yhteenveto

Soiden metsätaloudellisen käytön vesistövaikutusten osuutta koko metsätalouden hajakuormituksesta ei ole erikseen määritetty. Ylipäänsä koko metsätalouden kuormitusosuuden erottaminen ns. luonnonhuuhtoutumasta on sekin vielä varsin karkeiden arvioiden varassa. Teollisuuslaitosten, kalanviljelylaitosten ja voimakkaan maatalouden vaikutuspiirissä metsätaloudella ei ole vesien kuormitusmerkitystä, mutta vesistöjen metsä- ja suovaltaisilla latvaosilla metsätaloudella on suuri vaikutus erityisesti kiintoainekuormitukseen.

Itse vesistöissä suometsätalouden suurimmat haitat ovat toistaiseksi kohdistuneet latvavesien pohja- ja pieneliöstöön sekä kalakantoihin. Tulevaisuuden riskejä ovat ravinteiden vapautuminen ojitusalueilta tulleesta pohjasedimentistä sekä turvemaiden päätehakkuisiin liittyvät kuormitusriskit.

Kirjallisuus

- Ahti, E., Alasaarela, E. ja Ylitolonen, A. 1995a. Kunnostusojituksen vaikutus ojitusalueen hydrologiaan ja valumavesien ainepitoisuuksiin. Julkaisussa: Saukkonen, S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 157–168.
- Ahti, E., Joensuu, S. ja Vuollekoski, M. 1995b. Laskeutusaltaiden vaikutus kunnostusojitusalueiden kiintoainehuuhtoutumaan. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 139–155.
- Ahtiainen, M. ja Huttunen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset purovesien laatuun ja kuormaan. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 33–50.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. ja Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. *Suo* 29: 49–58.
- Jarva, M., Kaunisto, S., Nieminen, M., Sallantausta, T. ja Saura, M. 1995. Metsänlannoitteen huuhtoutuminen Liesinevan sarkaleveyskoekentältä - alustavia tuloksia. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 121–128.
- Komiteanmietintö 1987:62. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö. 344 s.
- Manninen, P. 1995. Kunnostusojituksen vesiensuojelututkimus; veden laadun, kuormituksen ja biologian muutokset kahden ensimmäisen ojituksen jälkeisen vuoden aikana. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 169–181.
- Nieminen, M. 1995. Avohakkuun vaikutus typen kiertoön vanhoilla ojitusalueilla: alustavat tulokset ensimmäisenä vuotena hakkuusta. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 363–382.
- Nieminen, M. ja Ahti, E. 1993. Talvilannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen karulta suolta. *Folia Forestalia* 814: 1–22.
- Saura, M., Sallantausta, T., Bilaletdin, Ä. ja Frisk, T. 1995. Metsänlannoitteiden huuhtoutuminen Kalliojärven valuma-alueelta. Julkaisussa: Saukkonen S. ja Kenttämies K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 — ympäristönsuojelu. s. 87–104.

KANNATTAAKO SUOMETSIIEN RAVINNETALOUTTA HOITAA?

Mikko Moilanen

Turvemaiden metsänparannuksessa Suomi on maailman kärkimaa. Vuoden 1990 loppuun mennessä maassamme oli kuivattu metsänkasvatusta varten noin 5,4 miljoonaa hehtaaria soita ja soistuneita kankaita, mikä on lähes viidennes maapinta-alasta ja kolmannes koko metsätalousmaan alasta. Luonnontilassa soita on vielä n. 4,3 miljoonaa hehtaaria. Soiden runsauden vuoksi ojitustoiminta on ollut laajamittaista etenkin Pohjanmaalla. Kuivatusten seurauksena metsä- ja kitumaan pinta-ala on kasvanut 1950-luvun tasosta koko maassa 1,4 miljoonaa hehtaaria ja suometsien kasvun arvioidaan tätä nykyä lisääntyvän vuositasolla n. 10 milj. m³, mikä on lähes 15 % maamme metsien vuotuisesta kasvusta (Paavilainen ja Päivänen 1995). On arvioitu, että metsäojitukset ovat 60 vuoden aikana lisänneet puuston määrää kaikkiaan 260–270 milj. m³. Metsänkasvatuksen kannalta epäonnistuneita nevojen ja karujen soiden ojituksia on arvioitu olevan kaikkiaan 10–15 % ojitusalasta (Keltikangas ym. 1986). Huomattava osa tällaisista karuista kohteista on syytä jättää ylläpitokelvottomina palautumaan kohti luonnontilaa.

Ojitus ei aina tuota toivottua tulosta viljavammillakaan soilla. Jos kyseessä on alunperin neivainen, märkä ja paksurpeinen suotyyppi, metsikön suotuisa alkukehitys monesti tyrehtyy ja puusto rappeutuu jo nuorella iällä. Puuston heikkoon kasvuun ovat tällöin usein syynä ravinnepuutokset, sillä suot poikkeavat ravinnetaloudeltaan olennaisesti kankaista. Viljavimpia korpia lukuunottamatta turve- maissa on kivennäisravinteita – kuten fosforia, kaliumia, booria, sinkkiä ja kuparia – yleensä niukasti ja huomattavasti vähemmän kuin kivennäismaissa. Toisaalta typen määrä vaihtelee erittäin paljon (esim. Westman 1981). Typen riittävä vapautuminen kasvualustan turpeesta puuston käyttöön on metsänkasvatuksen perusehto turvemaidella.

Turvemaan ravinteisuudesta

Typpi ja fosfori ovat turpeessa lähes kokonaan orgaanisesti sitoutuneina ja vapautuvat kasvien käyttöön mikrobiston hajotustyön eli mineralisaation seurauksena. Koska mikrobisto on hajotustuotteiden ensisijainen käyttäjä, vain osa ravinteista jää puiden käyttöön. Mineralisaatio on sitä nopeampaa, mitä tehokkaampi on suon ojitus, mitä korkeampia ovat turpeen typpi- ja fosforipitoisuudet ja mitä lämpimämmässä ilmasto-oloissa kohde sijaitsee.

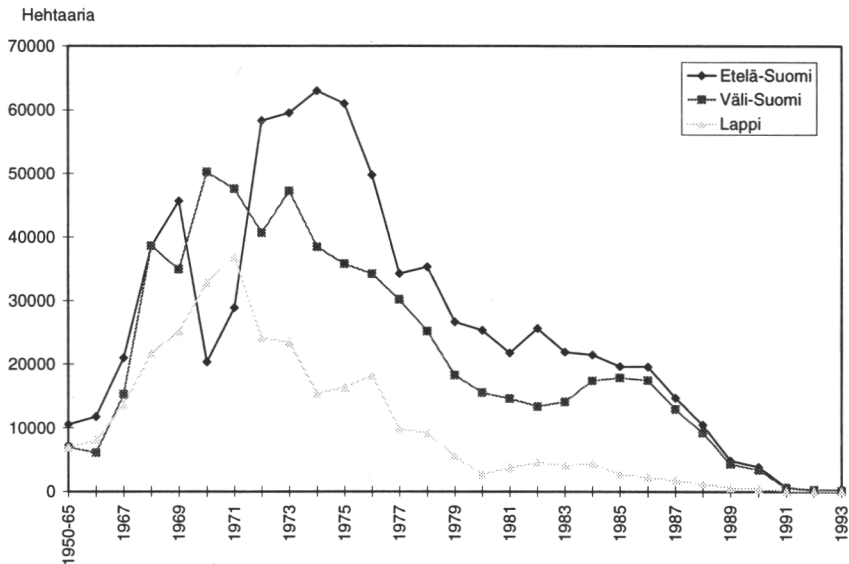
Kalium ja boori ovat turpeessa vesiliukoisessa muodossa ja huuhtoutuvat helposti valumavesien mukana. Näitä ravinteita turpeessa on erityisen niukasti alunperin vetisillä, puuttomilla tai vähäpuustoisilla soilla, kuten nevoilla, sararämeillä ja sarakorvissa. Kaliumia saattaa vanhoilla, voimakkain hakkuin käsitellyillä rämeiden ojitusalueilla olla puuston juuristokerroksessa (20 cm:n pintaturve) vain 40–50 kg/ha, mikä vastaa 80–100 m³:n puustoon sitoutunutta kaliumin määrää (Kaunisto ja Paavilainen 1988). Hakkuin käsittelemättömillä rämeiden ojitusalueilla ja ojittamattomilla rämeillä määrät ovat suunnilleen kaksinkertaisia (Laiho ja Laine 1994).

Ojitusalueen ikääntyessä puustoon siirtyy pysyvästi yhä suurempi osa turpeen ravinnevaroista. Tämä merkitsee ennen pitkää kivennäisravinnetaseen heikentymistä kaikilla sellaisilla soilla, joilla puiden juuret eivät saa ravinteita pohjamaasta. Varttuneen suomännikön elävässä puustossa etenkin kaliumia, booria ja sinkkiä on runsaasti — jopa enemmän kuin kasvualustassa (Kaunisto ja Paavilainen 1988, Moilanen ym. 1996). Myös hakkuiden yhteydessä kasvupaikalta kulkeutuu ravinteita pois, osa hakkuupoistuman mukana, osa huuhtoutumisen kautta (Ahtiainen 1988). Kokopuunkorjuun, jossa metsästä viedään runkopuun lisäksi myös latvukset, pelätään köyhdyttävän etenkin kalium- ja boorivaroja — sisältäväthän puiden oksat, neulaset ja kävyt yli puolet puuston maanpäällisiin osiin sitoutuneista ravinteista (Finér 1989, 1992, Kaunisto 1995). Eräiden ennusteiden mukaan paksuturpeisilla ojitusalueilla joudutaan viimeistään toisen puusukupolven aikana turvautumaan lannoitukseen, mikäli kestävä puuntuotos niillä halutaan varmistaa.

Suometsien lannoituksen perusteet

Soiden lannoitustoiminta käytännön mittakaavassa käynnistyi 1960-luvulla. Turvemaita on lannoitettu kaikkiaan n. 1,7 miljoonaa hehtaaria. Lannoituksen huippuvuodet ajoittuvat 1970-luvun puoliväliin, jolloin ojitusalueita käsiteltiin vuosittain koko maassa yli 100 000 hehtaaria. 1980-luvulla lannoitussuoritteet alkoivat nopeasti pienentyä, ja 1990-luvun alkuvuosina tilastoitiin enää n. 10 000 ha:n vuotuisuoritteita. Aallonpohja saavutettiin vuonna 1993, jolloin lisäravinteita sai vain 408 suohehtaaria (kuva 1). Viime vuosina lannoitusalat ovat tosin hieman kasvaneet, mutta ravinnetalouden hoitotarpeen kannalta täysin riittämättömästi. Tutkimukset ja käytäntö osoittavat, että huomattava osa ojitusaluepuustoista kärsii kivennäisravinteiden puutoksista, jotka aiheuttavat voimakasta puiden kasvun taantumista ja jopa puustokuolemia, mikäli ravinnetaloutta ei lannoituksella korjata. Ojitusalueiden puustoista n. 2/3 tiedetään kärsivän fosforin ja n. 1/3 kaliumin vajauksesta puiden optimikasvua ajatellen (Moilanen 1992). Esim. Oulun läänin suomänniköistä yli 300 000 ha kaipaisi ravinneolojen parantumista.

Lannoituksen avulla metsikköön lisätään puiden kasvua eniten rajoittavia ravinteita, joiden avulla puusto parantaa kasvuaan ja jatkaa kehitystään terveenä. Suopuustoissa kasvun ns. minimiravinteita ovat yleensä fosfori ja kalium, karuilla soilla lisäksi typpi. Koska turvemaat ovat luonnostaan happamia, voidaan niiden lannoitteissa käyttää hidasliukoista kotimaista apatiittia fosforin lähteenä. Samalla fosforin huuhtoutumisriski ojaistoon ja ympäröiviin vesistöihin olennaisesti vähenee verrattuna aiemmin käytettyihin lannoitteisiin. Myös kaliumin lähteenä voidaan käyttää hidasliukoista, niinikään kotimaista biotiittia vesiliukoisen kalisuolan asemasta (Kaunisto ym. 1993). Nykyisin markkinoilta saatavat lannoitteet sisältävät pääravinteiden lisäksi usein myös puiden tarvitsemia hivenaineita. Suopuuston kasvua on mahdollista lisätä myös erilaisilla jäteaineilla, kuten puun ja turpeen tuhalla. Jäteaineiden käytössä tulee kuitenkin ottaa huomioon niiden metsäkäyttöä ohjaava lainsäädäntö.



Kuva 1. Suometsien lannoitukset ajanjaksolla 1950–1993 eri osissa maata. Väli-Suomi = Keski-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu.

Lannoitustarpeen määrittäminen

Etelä-Suomessa typpeä vapautuu luontaisesti puiden käyttöön tyydyttävästi, kun kasvualustan typpipitoisuus puiden juuristokerroksessa (5–15 cm:n syvyys) on vähintään 1,5 % turpeen kuiva-aineesta (Aarnio ym. 1997). Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun ilmastollisesti viileämissä oloissa typen mobilisaatio on hitaampaa ja typen tarve tyydyttyä luontaisesti vasta kun turpeen typpipitoisuus ylittää 2 %:n rajan. Koillismaalla ja Etelä-Lapissa puiden typen tarve tyydyttyä vasta ruohoisilla turvemaidella (turpeen N>2,5 %). Em. typen raja-arvojen yläpuolella ei typen lisäyksellä ole saatavissa merkittäviä puuston kasvunlisäyksiä.

Turpeen typpipitoisuutta voidaan maastossa arvioida turpeen maatumisasteen avulla (von Postin silmävarainen puristusmenetelmä). Rahkaturpeella maatumisaste 3 vastaa noin 1,3 %:n typpipitoisuutta ja maatumisaste 4 noin 1,5 %:n typpipitoisuutta. Pohjois-Suomessa typpilannoitustarpeen raja-arvoa vastaava maatumisaste on 5–6. Tarkempi kuva puiden ravinnetilasta saadaan neulasanalyysin avulla, mikä on verrattain luotettava turvemaiden männiköiden ja kuusiköiden ravinnetilan arviointimenetelmä (Paarlahti ym. 1971). Neulasnäytteet kerätään puiden lepokauden aikana talvella latvusten ylimmistä oksista.

Suometsikön ravinteisuutta arvioidaan perinteisesti kasvupaikkatyyppin ja pintakasvillisuuden perusteella. Ojikko- ja muuttumavaiheen ojitusalueilla, joilla alkuperäistä kasvilajistoa on vielä helposti löydettävissä, pintakasvillisuus kuvaakin kohtalaisen hyvin turpeen typpipitoisuutta ja samalla metsikön lannoituskelpoisuutta. Kaliumin riittävyttä on mahdollista arvioida suotyyppin lisämääreiden, kuten ohutturpeisuuden, nevaisuuden ja siniheinäisyyden perusteella. Ravinnetilan arvioinnissa voidaan hyödyntää myös metsikössä esiintyvää alikasvosta: jos alikasvoskuusten vanhat neulasat ovat kellertäviä tai kellanruskeita ja uusimmat neulasat helakan vihreitä, niin kyseessä on kaliumin puutos.

Lannoituksen puustovaikutukset

Peruslannoituksella tarkoitetaan ensimmäistä hajalevityksenä tehtyä lannoitusta. Runsastyyppisillä soilla peruslannoitus tehdään fosfori-kalium -lannoituksena (PK) ja niukatyyppisillä turvemaidella typpi-fosfori-kalium -lannoituksena (NPK). Typen käyttö tulee kuitenkin rajoittaa vain kaikkein karuimmille soille. NPK-lannoituksen on nimittäin todettu eräissä tapauksissa lisäävän männyn sienituhohalttiutta (versosurma, männynversoruoste) ja voivan alentaa puuston kasvua runsastyyppisillä nevarämeillä.

Lannoitusvaikutuksen määräävimmit tekijät soilla ovat kohteen maantieteellinen sijainti ja kasvualustan typpitaso. Koska puuston luontainen kehitysrytmi

Etelä-Suomessa on nopeampaa kuin Pohjois-Suomessa, myös lannoituksen aiheuttama puuntuotoksen lisäys on etelämpänä määrällisesti suurempaa kuin pohjoisen viileässä ilmastossa. Uusimpien Metsäntutkimuslaitoksen tutkimustulosten mukaan fosfori-kaliumlannoitus parantaa Etelä- ja Keski-Suomessa puuston tilavuuskasvua 15 vuoden aikana keskimäärin 0,8–2,5 m³/ha/v (20–115 %) ja Pohjois-Suomessa 0,50–1,40 m³/ha/v (20–60 %), riippuen kasvupaikasta ja puulajista (Aarnio ym. 1997, kuva 2). Parhaimmillaan PK-lannoitus on lisännyt männyn kasvua runsastyyppisten suotaimikoiden ja nuorten kasvatusmetsien kokeissa jopa 5–6 m³/ha/v.

Fosfori-kaliumkäsittely vaikuttaa puuston kasvuun paksuturpeisilla ja runsastyyppisillä suotyypeillä 15–30 vuoden ajan. Fosforin vaikutus on osoittautunut ravinnetaloustutkimuksissa aiemmin luultua pitempiaikaiseksi (esim. Penttilä ja Moilanen 1987). Kaliumista alkaa olla uudestaan puutetta usein jo 15 vuoden kuluttua kalisuolalannoituksesta (Kaunisto 1992). Suositeltavaa on tällöin tehdä väli-lannoitus kaliumilla.

Hyvälaatuisella puuntuohkalla voidaan typpirikkaalla suolla saada aikaan erittäin pitkäaikainen – jopa yli 50 vuotta kestävä – maanparannusvaikutus ja voimakas puuston kasvureaktio (Issakainen ym. 1996, Silfverberg 1996). Puuston vuotuinen kasvunlisäys voi olla jopa yli 10 m³/ha. Puustossa ja pintakasvillisuudessa tapahtuneet muutokset ovat olleet sitä suurempia, mitä viljavammalla (so. runsastyyppisemmällä) kasvualustalla tuhkaa on käytetty. Alkuaan nevaisilla, vähintään ruohotaso-olevilla soilla puun tuhkan vaikutukset ovat hyvin pitkäaikaisia ja voimakkaita, kun taas karummilla, rämealkuperää edustavilla niukkatyyppisillä kohteilla tuhkan vaikutus on jäänyt vaatimattomaksi verrattuna esim. kaupalliseen PK-lannokseen.

Puuntuuhkan on havaittu soveltuvan hyvin myös puiden ravinneperäisten kasvuhäiriöiden torjuntaan. Eräällä pellonmetsityskokeella puunkuorituohkalla voitiin selvästi vähentää tai jopa eliminoida boori- ja kaliumvajauksesta voimakkaasti kärsivän nuoren männikön kasvuhäiriöt (Ferm ym. 1992).

Turpeentuohkan soveltuvuutta metsänlannoitukseen heikentää se, että se sisältää fosforia lukuunottamatta niukalti muita puiden tarvitsemia ravinteita. Maaperän neutralointikyky jää myös vähäiseksi. Ojitusalueiden nuorissa männiköissä turpeentuohka on lisännyt puuston kasvua 13 vuoden aikana n. 20 % lannoittamattomaan verrattuna, mikä on selvästi vähemmän kuin puuntuohkalla tai PK-lannoitteella saatu kasvureaktio (Issakainen ym. 1994).

Karuimmilla soilla puuston kasvunlisäyksen aiheuttaa etupäässä lannoitetyppi ja lannoituksen vaikutusaika jää yleensä alle 10 vuoden mittaiseksi (Moilanen & Issakainen 1990). Koska metsänkasvatus soilla keskittyyne tulevaisuudessa kohteisiin, joissa tyypeä on luontaisesti puille riittävästi, ei myöskään lannoitetyyppiä tultane käyttämään soiden lannoituksessa.

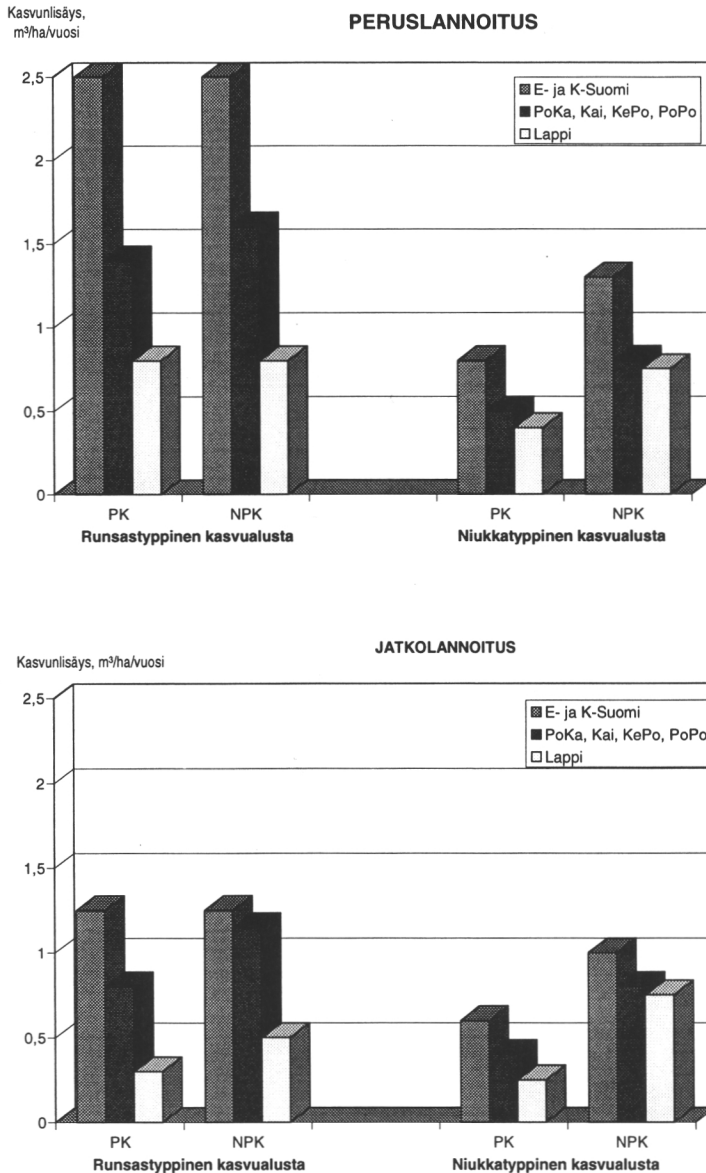
Mikäli suometsikkö lannoitetaan uudelleen 15 vuoden kuluttua peruslannoituksesta, puusto ei reagoi lisäravinteisiin yhtä voimakkaasti kuin ensimmäisellä kerralla (Moilanen 1993). Syynä on se, että ensimmäisen lannoituksen vaikutus ulottuu – joskin asteittain heikentyen – vielä uusintalannoituksen jälkeiseen aikaan. Tyypillisesti jatkolannoitusvaikutus on alkuvuosina vaatimaton, mutta voimistuu myöhemmin. Tuoreet selvitykset osoittavat fosfori-kalium-jatkokäsittelyn aiheuttaneen koetilanteissa 15 vuoden aikana Etelä-Suomen männiköissä kasvupaikasta riippuen keskimäärin 0,6–1,3 m³:n (20–30 %) ja Pohjois-Suomessa 0,3–0,8 m³:n (10–20 %) vuotuisen lisäkavun (Aarnio ym. 1997, kuva 2). Pohjois-Suomessa typen käytöstä näyttää olevan jatkolannoituksessa hyötyä enemmän kuin peruslannoituksessa. Koetulokset kotimaisista hidasliukoisista ja “luonnonmukaisista” fosfori- ja kaliummineraaleista (apatiitti, biotiitti) viittaavat siihen, että niillä voitaisiin ojitusaluemetsien ravinnetalous tasapainottaa pitemmäksi aikaa kuin perinteisillä nopeavaikutteisimmilla yhdisteillä (raakafosfaatti, kalisuola). Apatiitin ja biotiitin vaikutukset ilmenevät puustossa selvinä vasta noin 5 vuoden kuluttua lannoituksesta, mutta 10 vuoden kuluttua puiden fosfori- ja kaliumtila ja kasvu ovat jo samalla tasolla tai korkeampia kuin helppoliukoisilla lannoitteilla (Kaunisto ym. 1993).

Männyn tiedetään reagoivan ravinnelisäykseen kuusta ja koivua voimakkaammin. Kuusen ja hieskoivun kasvupaikoiksi korpisoilla valikoituvat jo luonnostaan ravinnetaloudeltaan viljavimmat kasvupaikat, joilla tuotos on männyn tuotosta korkeampi. Mänty ja kuusi näyttävät poikkeavan toisistaan myös siinä, että kuusi hyötyy typen lisäyksestä enemmän kuin mänty. Suhteelliset kasvureaktiot jäävät kuusella kuitenkin pienemmiksi kuin männyllä. Kuusi näyttää hyötävän Pohjois-Suomen oloissa lähinnä typen käytöstä; sensijaan PK-reaktiot jäivät yleensä vaatimattomiksi (Moilanen ym. 1996). Myös hieskoivikoissa puuston kasvu reagoi alustavien tulosten mukaan lannoitukseen heikommin kuin männiköissä (esim. Moilanen 1985). Lannoitusvaikutus näkyy kuitenkin mm. koivunlehtien ravinnepitoisuuksissa ja paksuturpeisilla kohteilla myös puuston kasvussa.

Hivenravinnelisäykset (B, Zn, Mn, Cu) eivät tehtyjen tutkimusten mukaan ole juuri vaikuttaneet puuston kasvuun. Männynneulasten booripitoisuus yleensä kohoaa booria sisältäviä lannoitteita (esim. Metsän PK) käytettäessä. Lisäksi mangaani- ja kuparipitoiset yhdisteet ehkäisevät ravinnepitoisuuksien ohentumisen, mikä usein ilmenee pelkän pääravinnekäsittelyn saaneilla puilla (Moilanen 1993).

Turvemaiden lannoitusten kokonaisvaikutuksista metsien kasvuun voi esittää vain suuntaa-antavia arvioita. Puuston kasvunlisäyksen osoittamiseksi on tunnettava, miten lannoitustoiminta ajallisesti on kehittynyt (kuva 1) ja mikä on ollut kertalannoituksen aiheuttama kasvunlisäys eri suotyypeillä maa eri osissa (kuva 2). Olettamalla, että erilaisten suotyyppien lannoitusta on tehty samassa suhteessa kuin niitä on ojitettu ja että lannoituskäsittelyt ovat olleet ohjeiden mukaisia, päädytään arvioon, jonka mukaan ajanjaksolla 1950–1993 tehdyt lannoitukset ovat

tuottaneet puuta kaikkiaan 40–50 milj. m³. Laskelmassa lähdetään siitä, että valtaosa lannoituksista on ollut männiköiden peruslannoitusta. Lannoitetun puuston kasvun oletetaan lisäksi jatkuvan suuremmasta puustopääomasta johtuen korkeammalla tasolla n. 5–10 vuoden ajan vielä välittömän lannoitusvaikutuksen päätyttyä.



Kuva 2. Perus- tai jatkolannoituksella koeolosuhteissa saatu keskimääräinen kasvunlisäys 15 vuoden aikana erikseen niukka- ja runsastyyppisillä ojitusalueilla. Tulos perustuu yli 1 000 mäntykoealaan. PoKa = Pohjois-Karjala, Kai = Kainuu, KePo = Keski-Pohjanmaa, PoPo = Pohjois-Pohjanmaa.

Lannoituksen kannattavuus

Uusimpien selvitysten mukaan suopuustojen lannoitus on Etelä-Suomessa kannattavampaa kuin Pohjois-Suomessa, runsastyyppisillä soilla kannattavampaa kuin niukkatyyppisillä soilla ja männiköissä kannattavampaa kuin kuusikoissa tai koivikoissa. Lannoitetypen lisäys fosforin ja kaliumin lisäksi ei yleensä ole kovin perusteltua, vaikka typen käyttö parantaakin puuston kasvua karuilla soilla.

Parhaissa Etelä-Suomen tukkipuumänniköissä fosfori-kaliumlannoitus tuottaa 15 vuoden aikana lähes 15 %:n sisäisen koron sijoitetulle pääomalle (nettotuotto yli 7 000 mk/ha) ja kuusikoissa vastaavasti 9 %:n sisäisen koron. Runsastyyppisten kohteiden männiköissä lannoitus on kannattavaa myös Pohjois-Suomessa, jossa sisäinen korko 15 vuodessa nousee parhaimmillaan 6–9 %:iin (nettotuotto n. 3 000 mk/ha). Sensijaan korpikuusikoista odotettavissa olevat lisätuotot eivät Pohjois-Suomessa peitä yleensä edes lannoituskustannuksia (Aarnio ym. 1997).

Toistuvan lannoituksen kannattavuuteen vaikuttaa ensimmäisestä lannoituksesta kulunut aika. Uusintalannoituksen erilliskannattavuus jää sitä heikommaksi, mitä enemmän ensimmäinen käsittely vielä vaikuttaa puuston kasvuun uusintakäsittelyn jälkeisenä aikana. Jos uusintalannoitus tehdään 15 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta, nettotuottojen nykyarvoilla ja sisäisellä korolla määritetty kannattavuus jää hiukan ensimmäisen peruslannoituksen kannattavuutta heikommaksi. Uusintalannoitus pelkällä kaliumilla tuottaa männiköissä hyvän taloudellisen tuloksen, mikäli fosforia on ensimmäisen lannoituksen jäljiltä metsikössä riittävästi. Kuusikoissa toistettu typpi-fosfori-kaliumkäsittely näyttää Pohjois-Suomessa sen sijaan hiukan yllättäen lisäävän puuston kasvua enemmän kuin ensimmäisellä kerralla ja muodostuvan siten kannattavammaksi (Aarnio ym. 1997).

Taloustulokseen vaikuttaa oleellisesti myös puuston kehitysvaihe eli se, saadaanko lannoituksen lisäkasvu realisoitua tukki- vai kuitupuuna. Niukkatyyppisillä soilla vain tukkipuvaihetta lähentelevän metsikön lannoittaminen on mielekästä. Runsastyyppisillä soilla lannoitus tuottaa hyvän taloustuloksen myös nuorissa mäntypuustoissa vielä Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun korkeudella (Rantala & Moilanen 1993).

Tiedon aukkoja

Vaikka turvemaiden ravinnetaloutta on tutkittu varsin intensiivisesti, ei tiedon taso kaikilla osa-alueilla ole vielä riittävä. Turpeen orgaanisen aineksen hajoisprosessi tunnetaan puutteellisesti, samoin lannoitteiden huuhtoutuminen ja vaikutukset esim. kasvualustan mikrofaunaan. Lannoituksen taloudellisuudesta

tarvitaan lisää tutkimustietoa, samoin eri puulajien lannoitusreaktioiden eroista. Koska lannoitteet ja jopa lannoitteiden raaka-aineet ovat 1970-luvulta lähtien merkittävästi muuttuneet ja kehittyvät jatkuvasti, joudutaan koetoimintaa jatkaamaan myös tulevaisuudessa. Keskeisimpinä tutkimusteemoina voidaan esittää seuraavat:

- ☐ Ravinnelisäyksen vaikutus puuston kehitykseen ja ravinnetalouteen turvekangsvaiheessa olevilla suokasvupaikoilla. Koskee etenkin Etelä-Suomen uudistamisvaiheen männiköitä ja ravinnelisäyksen vaikutusta luontaiseen uudistumiseen.
- ☐ Lannoituksen vaikutus metsien tuhoalttiuteen (esim. talveentumishäiriöt, sienija hyönteistuhot).
- ☐ Lannoituksen aiheuttamien turpeen ravinteisuusmuutosten merkitys kasvupaikan monimuotoisuuteen ja monikäyttöön (marjat, sienet).
- ☐ Hidasliukoisen typen (esim. Kemifix) käyttömahdollisuudet suometsien lannoituksessa.
- ☐ Hidas- ja nopeavaikutteisten ravinneyhdisteiden huuhtouminen ojitusalueilta.
- ☐ Käytännön lannoitustoiminnan aiheuttama puuntuotoksen kokonaisuus ja lisäyksen raha-arvo erityyppisillä ojitusalueilla Suomessa.
- ☐ Maastoarviointiin soveltuvan lannoitustarpeen ja -tuotoslisäyksen määrittämis menetelmän kehittäminen käytännön metsätaloutta varten.

Kirjallisuutta

- Aarnio, J., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Veijalainen, H. 1997. Suometsien lannoitus. Teoksessa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.): Kannattava puuntuotanto. Metsälehti 1997. s. 116–126.
- Ahtiainen, M. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes study. Proceedings of the international symposium on the hydrology of wetlands in temperature and cold regions, Joensuu, Helsinki, Finland, 6 - 8 June. Publications of the Academy of Finland 4: 206–219.
- Ferm, A., Hokkanen, T., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1992. Effects of wood bark ash on the growth and nutrition of a Scots pine afforestation in central Finland. *Plant and Soil* 147: 305–316.
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. *Acta Forestalia Fennica* 208. 63 s.

- Finér, L. 1992. Nutrient concentrations in *Pinus sylvestris* L. growing on an ombrotrophic pine bog, and the effects of PK and NPK fertilization. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7 (2): 205–218.
- Issakainen, J., Moilanen, M. & Silfverberg, K. 1994. Turvetuhkan vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. Resume: Effects of peat-ash fertilization on drained pine mires. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 499: 22 s.
- Issakainen, J., Moilanen, M., Pasanen, J., Piironen, M-L. & Savilampi, P. 1996. Tuhka ja muut jätteaineet metsän ravinteina. Muhoksen tutkimusaseman kenttäkokeet. Muhoksen tutkimusasemalla. *Moniste*. 27 s.
- Kaunisto, S. 1992. Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine. Tiivistelmä: Kalilannoituksen vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan. *Suo* 43: 45–62.
- Kaunisto, S. 1995. Massahakemenetelmä ja ravinnepoistuma rämeen ensiharvennuseksämissä. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). 1996. Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 593: 15–23.
- Kaunisto, S., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä. Summary: Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests. *Folia Forestalia* 810. 30 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: Results from field surveys of drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Laiho, R. & Laine, J. 1994. Changes in mineral element concentrations in peat soils drained for forestry in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 218–224.
- Moilanen, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. *Folia Forestalia* 629. 29 s.
- Moilanen, M. 1992. Suopuustojen ravinnetila Pohjois-Suomen vanhoilla ojitusalueilla. Julkaisussa: Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, Merja (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 419: 58–65.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia Forestalia* 820. 37 p.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1990. Suometsien PK-lannos ja typpilannoitelajit karuhkojen ojitettujen rämeiden lannoituksessa. Summary: PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs. *Folia Forestalia* 754. 20 s.
- Moilanen, M., Penttilä, T. & Issakainen, J. 1996. Lannoituksen vaikutus kuusi- koiden kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla turvemaidella Pohjois-Suomessa. Summary: Effects of fertilization on tree growth and nutrient status of Norway

- spruce stands on drained peatlands in northern Finland. *Suo* 47 no. 3 (1996): 85–94.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Vejjalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. *Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä*. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 74 (5): 1–58.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry. Ecology and principles. *Ecological Studies* 111. 248 p.
- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoittamisessa Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 136–148.
- Rantala, T. & Moilanen, M. 1993. Nuorten suomänniköiden lannoituksen kannattavuus Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia. *Folia Forestalia* 821. 20 p.
- Silfverberg, K. 1996. Nutrient Status and Development of Tree Stands and Vegetation on Ash-fertilized, Drained Peatlands in Finland. Academic dissertation (väitöskirja). 123 p.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. *Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin*. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

NOAA- LÄMPÖSATELLIITTIKUVAT METSÄMAAN KÄYTÖN SUUNNITTELUSSA

**Pekka Pietiläinen, Heikki Paarma, Risto Lauhanen ja
Eija Hyvönen**

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Kaukokartoitusmenetelmät ovat yksi vaihtoehto metsätalouden maastotyökustannusten alentamisessa varsinkin, jos seudun kulkuyhteydet ovat hankalat. Ilmavalokuvia ja satelliittikuvia onkin sovellettu suuralueiden metsävarojen ja puuston terveydentilan inventoinneissa (Poso ja Kujala 1971, Jaakkola 1981, Häme 1991). Satelliittikuvien erotuskyky ei kuitenkaan vielä riitä metsikkökuviota koskevan päätöksenteon tasolle (Häme 1991). Sen sijaan niiden avulla voidaan tehdä metsikköaluetason päätöksiä. Lauhasen ym. (1995) mukaan väri-infrakuvien avulla oli mahdollista paikantaa vanhoilta ojitusalueilta kunnostusojituskelvottomat karut rämeet sekä potentiaaliset lakkasuot.

Kaikki puustoa tai kasvupaikkaa koskevat ilmiöt eivät käy maastoarvioinnissa esille. Muun muassa puuston terveydentilaa tai ravinnepuutoksia voidaan havainnoida tehokkaammin kaukokartoitusmenetelmiä hyväksi käyttäen kuin maastosta käsin (Pietiläinen ja Kuivamäki 1982). Myös pienilmastoon liittyvät näkökohdat saattavat selvitä paremmin kaukokartoituksen avulla. Metsänuudistamiseen liittyvät kysymykset ovat hankalia mm. ilmastokysymysten osalta. Pellonmetsitys kuuselle saattaa epäonnistua, vaikka muut metsityksen edellytykset olisivat kunnossa (Hytönen 1995). Kaukokartoitusmenetelmin voitaneen paikantaa myös maanviljelyyn soveltuvat hallattomat alueet. Paitsi metsäsuunnittelun näkökulmasta, kaukokartoitusmenetelmien käyttökelpoisuutta on tarpeen tutkia myös metsätalouden ympäristövaikutuksia arvioitaessa. Muun muassa Solantie (1994) on päättellyt metsäojitusten viilentävän pienilmastoa. Tosin tutkimus käsitteli vain yhtä Etelä-Pohjanmaalla sijaitsevaa ojitusaluetta.

Shilin (1980) on esittänyt lämpökuvauksen soveltuvan hydrologian, maanparannustoimien, rakennusgeologian, vesien saastumisen, lumi- ja jääpeitteen sekä

geologian eri sovellusten tutkimiseen. Yhdysvaltain kauppaministeriön organisaatio, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ylläpitää siivikäyttöön tarkoitettua operatiivista sääsatelliittiohjelmaa. NOAA-sarjan satelliitit ovat polaarisella kiertoradalla noin 833 kilometrin korkeudessa kiertäviä aurinkosynkronisia satelliitteja. Nykyiset NOAA-sarjan satelliitit kartoittavat koko maapallon kahdesti päivässä. Satelliitteja on käytössä yleensä kaksi samanaikaisesti eri kiertoradoilla (numerot 10 ja 11), joilla saadaan havaintoja samasta kohdasta maapalloa ainakin neljästi vuorokaudessa (Avery ja Berlin 1992).

Suomessa NOAA-lämpösatelliittikuvia on sovellettu aikaisemmin geologian tutkimustarpeisiin (Paarma ym. 1994). Kuvilla voi olla käyttöä myös metsätalouden päätöksenteon (metsäsuunnittelun) sekä metsätalouden ympäristövaikutusten arvioinnin tukena.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida NOAA-lämpösatelliittikuvien avulla Oulun ja Haapaveden alueiden ilmasto-oloja sekä selvittää esimerkkitapausten valossa kuvien käyttömahdollisuuksia metsätalouden suunnittelussa. Ympäristövaikutusten arvioinnin kannalta tavoitteena oli arvioida metsäojitusten vaikutusta pienilmastoon.

Tutkimushypoteesina oli, että vesi varastoi lämpöä jolloin viileät alueet näkyvät satelliittikuvissa sinisinä ja lämpimät alueet punaisina. Lämpökuvista voitiin siis rajata toisaalta lämpimät ja toisaalta hallanarat alueet. Satelliittikuvien antamia sävyarvoja verrattiin visuaalisesti käytössä olevaan peruskarttamateriaaliin, jonka perusteella tehtiin johtopäätöksiä lämpökuvien antamasta informaatiosta ja käyttömahdollisuuksista metsäsuunnittelussa ja metsätalouden ympäristövaikutusten arvioinnissa.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin kaksi aluetta, joiden koko oli 70 km x 70 km. Oulun ympäristö on vähäjärvinen, kun taas Haapaveden seudulla on paljon vesistöjä. Satelliittikuvat oli otettu 10.6.1992 klo 02.19 GMT. Kuvamateriaalista tehtiin Geologian tutkimuskeskuksen Pohjois-Suomen aluetoimistossa värilliset satelliittikanavan 4 Kelvin-arvoja osoittavat lämpökartat. Kartan mittakaava oli 1:5000 000 ja alueen koko noin 5000 neliökilometriä (kuvat 1 ja 2).

Nykyisissä NOAA-sarjan satelliiteissa on kuvauslaitteistona AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) -systeemi, joka käsittää neljä tai viisi

kanavaa spektrin eri osista. NOAA-11 satelliitti kuvaa aineistoa viidellä eri kanavalla (taulukko 1).

Taulukko 1. NOAA-satelliittien kanavien aallon pituudet.

Kanava	Aallonpituus (μm)	
1	0.55-0.7	(punainen)
2	0.7-1.2	(lähi-IR)
3	3.7-3.9	(keski-IR)
4	10.3-11.3	(terminen-IR)
5	11.3-12.3	(terminen-IR)

Satelliitissa on näkyvän valon punaisen alueen, lähi- ja keski-infra-alueiden sekä termisen alueen kanavat. Systeemi kuvaa jatkuvasti 2 800 kilometrin levyistä kaistaa lentoradan alapuolelta. Kuvapikselin koko satelliitin alapuolella oli alkuperäisaineistossa 1,1 km x 1,1 km.

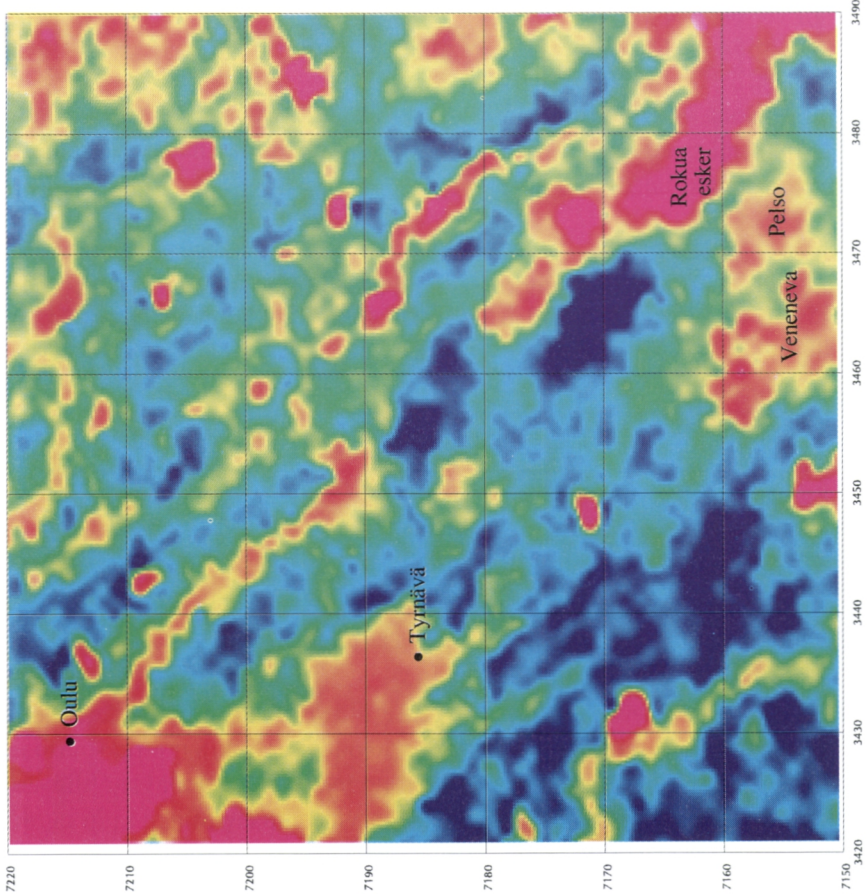
Tässä tutkimuksessa käytettiin termisen kanavan 4 kuvaamaa aineistoa. Ilmatieteen laitokselta saatiin tutkituilla alueilla olevilta kuudelta havaintoasemalta kuvauspäivän lämpötilat (taulukko 2).

Taulukko 2. Tutkimusalueen lämpötilat Ilmatieteen laitoksen havaintoasemilla 10.6.1992 klo 03.00, klo 06.00 ja klo 09.00 sekä NOAA-satelliittikuvien lämpötilat klo 02.19 GMT.

	klo 03.00	klo 06.00	klo 09.00	klo 02.19
Oulu, lentoasema	9.6	10.7	17.5	6.0
Muhos, kirkonkylä	5.7	—	17.8	5.2
Haapavesi	7.6	—	19.0	5.6
Oulainen	3.4	—	18.4	6.6
Vaala, Pelso	9.4	—	19.0	5.4

Koska ojitetuista suoalueista ei ollut olemassa erillistä kuvainformaatiota, ojitetut alueet otettiin tarkasteluun peruskartoilta (1 : 50 000). Neliökilometrin suuruiset karttaruudut jaettiin neljään yhtä suureen osaan pysty- ja vaakalävistäjillä. Jos neljänneksen pinta-alasta oli silmävaraisesti arvioituna enemmän kuin puolet ojitettu, se rasteroitiin erilliselle, kartan koordinaattien kanssa yhtenevälle millimetripaperille ojitetuksi alueeksi. Ojitusalueita kuvaavat rasterikartat (kuvat 3 ja kuva 4) skannattiin ja muokattiin samaan mittakaavaan satelliittikuvien kanssa. Karttojen päällekkäin asettelua ja visuaalista tarkastelua varten molemmista rasterikartoista tehtiin läpinäkyvät kalvot.

NOAA - 11
 Channel 4
 10.6.1992 05.19 am



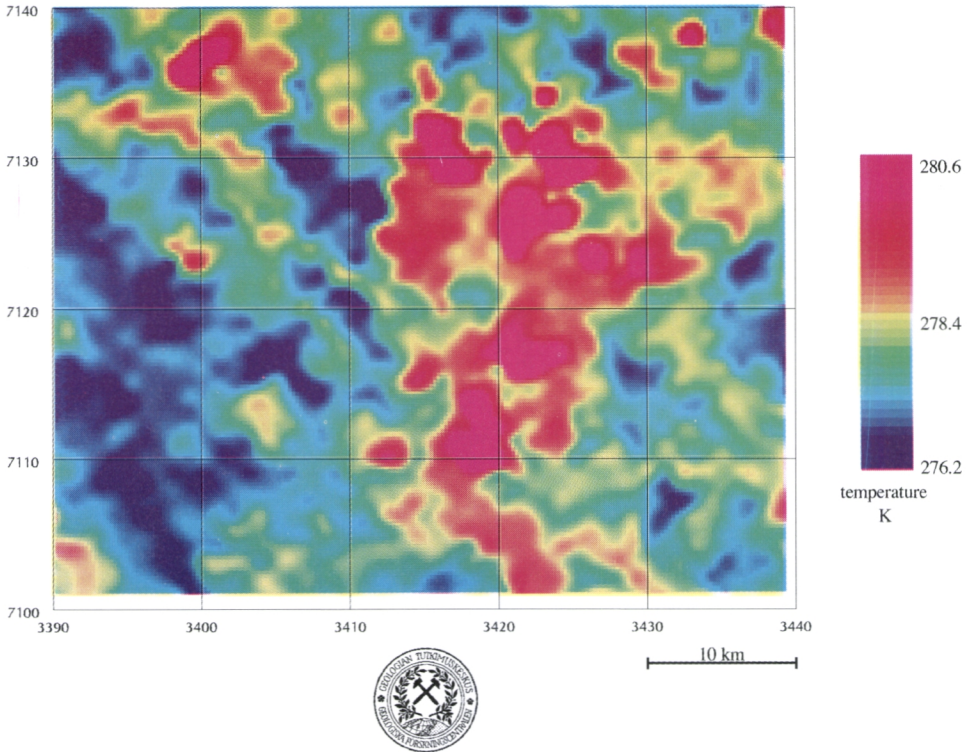
Geological Survey of Finland
 Regional Office for Northern Finland

Kuva 1. NOAA-11-kuvassa Oulun ympäristö.

NOAA - 11

Channel 4

10.6.1992 05.19 am

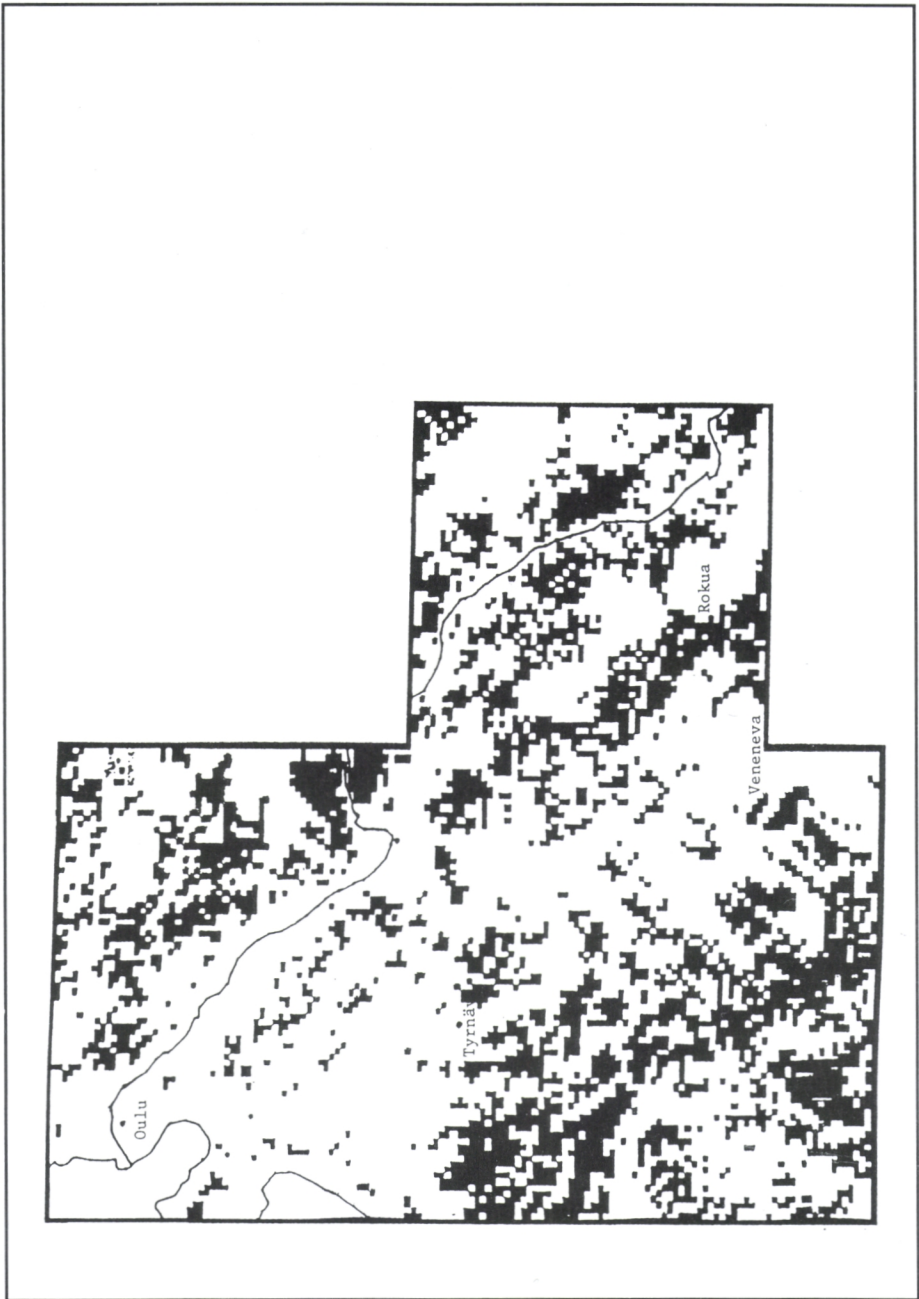


Geological Survey of Finland
Regional Office for Northern Finland

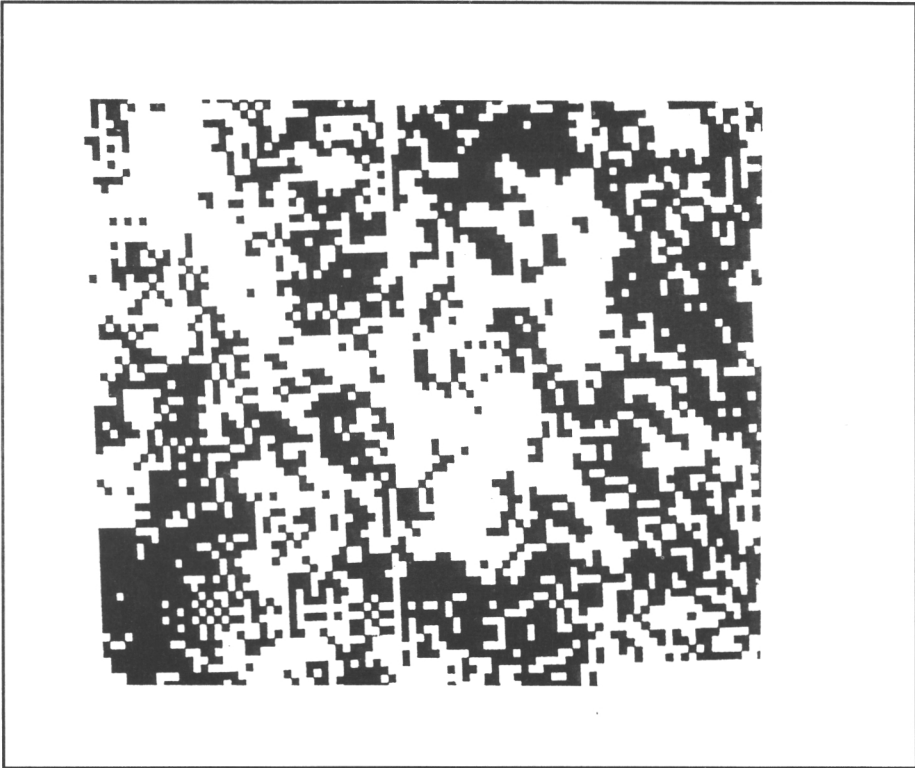
Kuva 2. NOAA-11-kuvassa Haapaveden ympäristö.

Karttojen päällekkäin asettelu voitiin tehdä merenranta- ja järvirajojen perusteella, koska vesialueiden lämpötilat ovat lämpöskaalan yläpäässä violetillä osalla. Myös muita lämpimiä alueita, kuten jokilaaksoja ja harjuja, voitiin käyttää apuna päällekkäin asettelussa.

Vertaamalla keskenään peruskartoilta millimetripaperille rasteroitua ojainformaatiota ja satelliittikuvien värisävyinformaatiota voitiin tehdä visuaalisia päätelmiä alueellisista lämpötilaosuhteista. Soiden (räme tai neva), vesistöjen ja harjualueiden perusteella voitiin tehdä arvioita myös alueiden pienilmastosta.



Kuva 3. Ojitukset Oulun ympäristössä (vrt. kuva 1).



Kuva 4. Ojitukset Haapaveden ympäristössä (vrt. kuva 3).

3 Tulokset ja tarkastelu

Kuvasaikaan eli juuri ennen auringonnousua auringon lämmittävä vaikutus on käytännössä minimissä. Tällöin alueiden luontaiset lämpöolot tulivat lämpökuvista esille kaikkein selvimmin. NOAA-kuvat oikaistiin koordinaattien suhteen ja kuvien sävyarvot muutettiin Kelvin-asteikolle siten, että siniset värisävyt kuvasivat viileitä maastokohtia ja punaiset vastaavasti lämpimiä kohtia. Verrattaessa kuvien lämpötiloja Ilmatieteen laitoksen sääasemien lämpötilahavaintoihin kävi ilmi, että klo 03.00 ja klo 06.00 lämpötilat olivat korkeammat kuin lämpökuvien vastaavien alueiden klo 02.19 GMT lämpötilat Oulaisten klo 03.00 lämpötilaa lukuunottamatta (taulukko 1).

Tulokset perustuivat lämpösatelliittikuvan ja peruskartan visuaaliseen vertailuun. Vertailu osoitti selvästi, että Oulun ympäristössä pienilmastoltaan lämpimät rannikkoseudut ja vesistöjen varsialueet ovat soveliaita maanviljelyyn. Vesistöt lämmittävät ja tasaavat maan läheisen pienilmaston lämpöoloja. Tämä johtuu siitä, että lämpösäteily imeytyy ja lämpö varastoituu veteen. Lämpö heijastuu vesistöistä takaisin ympäristöön tasaten lähialueen lämpötilan vaihteluja. Lämpiminä muodostelmina erottuivat myös Rokuan harjulaakso sekä Tyrnävän alue, jota on

perinteisesti pidetty satoisana viljelyalueena. Sisämaan vähävesistöiset alueet näkyivät lämpökuvissa viileämpinä (Paarma ym. 1994) (kuva 1). Siika-, Kala- ja Pyhäjokivarsi sekä Haapaveden ympäristö pienine järvineen erottuivat lämpökuvista mikroilmastoltaan lämpiminä (punaisina) maanviljelyyn pienilmastonsa puolesta sopivina alueina. Myös Uljuan tekoallas näkyi kuvissa punaisena (kuva 2). Pelsonsuon (kuva 1) ja Piipsannevan (kuva 2) turvetuotantoalueet erottuivat niinikään lämpiminä alueina.

Laaja luonnontilainen vetinen Venenevan suoalue näkyy Rokuan harjujakson länsipuolella, ympärillään olevia ojitettuja soita lämpimämpänä alueena. Sekä Oulun (kuvat 1 ja 3), että Haapaveden (kuvat 2 ja 4) seudulla sisämaan laajat, karut ja ojitetut nevat näkyivät kuvissa sinisinä eli paikallisilmastoltaan viileinä alueina. Yhtenä tekijänä ojitettujen soiden viileyteen saattaa olla ojituksesta johutuva suon kuivuminen eli lämpöä varastoivan vesivaraston väheneminen. Karujen ojitettujen soiden puustojen kasvu ei myöskään ollut elpynyt ojituksen seurauksena, jolloin ojitusalueille ei ollut kasvanut sulkeutuneita metsiköitä, jotka estäisivät suoran lämpösäteilyn. Kolmantena viilentävänä tekijänä on routa, joka sulaa ojitetuilla alueilla noin 1–2 viikkoa hitaammin kuin vetisellä ojittamattomalla suolla (kuva 3).

Toisaalta puustoiset ojitetut nevat ja rämeet näkyvät luonnontilaisten soiden tavoin lämpiminä. Vaikka rämeillä vesivarastot ovat metsäojitusten seurauksena pienentyneet, niillä puuston kasvu on lisääntynyt ja alueille on kehittynyt yhtenäinen sulkeutunut metsä. Puustolla on paikallisilmastoa lämmittävä vaikutus, koska se estää suoran lämpösäteilyn.

Maanviljelykseen kuivatut laajat suopeltoalueet vastaavat pienilmastoltaan sisämaan laajoja metsänkasvatukseen ojitettuja huonopuustoisia suoalueita. Kun suopeltoja ei viljellä, ne heinittyvät eivätkä absorboi lämpösäteilyä toisin kuin muokattuina ja viljeltyinä. Kuolleesta heinästä muodostuu eristerkos, joka estää metsän uudistumista ja hidastaa roudan sulamista viilentäen alueen pienilmastoa (ks. Huikari & Paarlahti 1967). Pellonmetsitystä suunniteltaessa NOAA-lämpökuvista voidaan paikantaa hallanarat alueet ja valita alueelle sopiva metsitys menetelmä ja puulaji.

Solantie (1994) on todennut soiden ojitusten viilentäneen paikallisilmastoa. Sen enempää Solantien (1994) case-tutkimuksen kuin tämän tutkimuksen kahden esimerkkialueen lämpöarvojen tarkastelun perusteella ei voida kuitenkaan arvioida ojitusten vaikutusta suurilmastoon. Metsäojituksen haitallisten ympäristövaikutusten arvioinnin lisäksi tämä tutkimus keskittyi lämpösateelliittikuvien mahdollisuuksien esittelyyn metsätalouden päätöksenteon tukena termisenä ja ekologisenä sovelluksena. Jatkossa kehittyvä kuvatulkinta sekä paikkatietojärjestelmät (GIS) antavat mahdollisuuden tehdä pitemmälle meneviä johtopäätöksiä myös ojitusten ympäristövaikutuksista. NOAA-kuvien ja maaston korkeusmallien avulla voidaan tarkastella sitä, miten maaston topografia vaikuttavat paikallisiin lämpö-

oloihin. Tällöin kyettäneen täsmällisemmin ennalta paikantamaan esim. kuusen istutukseen soveltumattomat hallanarat metsänuudistamisalueet tai pellonmetsityskohteet. Samalla voidaan kartoittaa maanviljelyyn sopivat lämpimät hallattomat peltoalueet. Lisäksi lämpökuvia voi hyödyntää marjasatoennusteissa, sillä kuvista voi paikantaa alueet, joilla halla on tuhonnut marjojen kukinnot.

Turvetuotantoalueiden jälkikäytön suunnitteluun NOAA-kuvat tarjoavat menetelmävaihtoehdon. Kuvatulkinnassa voi turvetuotantoalueen ennallistaminen suoksi tai valjastaminen kala- tai lintualtaaksi olla parempi vaihtoehto kuin lämpöolojen kannalta epävarma metsitys. Esimerkiksi Pelson turvetuotantoalue (kuva 1) voitaisiin täyttää vedellä. Tällöin seudulle saataisiin nykyistä laajemmalle alueelle lämpimämpi paikallisilmasto. Samalla maiseman monimuotoisuus paranisi. NOAA-menetelmää voidaan soveltaa myös soiden ennallistamiskohteita arvioitaessa.

Satelliiteilla saadaan samasta paikasta useampi kuva vuorokaudessa. Pitkällä aikavälillä kuvasarjoja voidaan käyttää mm. ennakoitun ilmaston lämpenemisen seurannassa (Karjalainen ym. 1991). Esimerkiksi koko kasvukauden lämpöarvoinformaatiota voidaan tulostaa keskiarvokarttoina. Tällöin vuosien väliset pitkän aikavälin lämpötilaerot käyvät hyvin selville.

Lämpökuvien käytössä on myös joitakin ongelmia. Pilvisyys haittaa kuvatulkintaa, joten parhaimpaan tulokseen päästään soveliaimpaan ilmavalokuvausaikaan eli touko-heinäkuussa (Rafstedt ja Andersson 1981). NOAA-lämpökuvien hankinta ei aiheuta suuria kustannuksia. Hankintakustannuksia voidaan edelleen vähentää kuvakokoa suurentamalla. Tällöin tosin lämpökuvien tarjoama informaatioarvo vähenee.

Kirjallisuus

- Avery, T. & Berlin, L. 1992. Fundamentals of remote sensing and aerophotointerpretation. Fifth ed. Mcmillan Pub. Co. New York. 472 s.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce, and birch. Seloste: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 64(1). 135 s.
- Hytönen, J. 1995. Peltojen metsitys vaatii taitoa ja tietoa. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenettelyt. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 5–11.
- Häme, T. 1991. Spectral interpretation of changes in forest using satellite scanner images. Acta Forestalia Fennica 222. 111 s.
- Jaakkola, S. 1981. Metsävarojen kaukokartoitustekniikka. Helsingin yliopisto, Metsänarvioimistieteen laitos, Tiedonantoja 13. 193 s.

- Karjalainen, T., Kellomäki, S., Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. Ilmaston muutoksen vaikutus metsäekosysteemiin ja metsänkäyttöön: mekanismeja ja kehityssuuntia. *Silva Fennica* 19. 157 s.
- Lauhanen, R., Pietiläinen, P., Saarinen, M. & Heikkinen, E. 1995. Väri-infrakuvat kunnostusojituksen kohdevalinnan tukena. Summary: Usability of infra red imagery in the planning of ditch network maintenance. *Suo* 46(1): 21–30.
- Paarma, H., Aarnisalo, J. & Hyvönen, E. 1994. NOAA-satelliittikuvien tulkinasta Pohjois-Suomen maa- ja kallioperätutkimuksissa. Geologian tutkimuskeskus. Pohjois-Suomen aluetoimisto. Tutkimusraportti. 17 s.
- Pietiläinen, P. & Kuivamäki, A. 1982. Ravinteiden puutteen vaikutus männynneulasten valonheijastusominaisuuksiin. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 70: 14–22.
- Poso, S. & Kujala, M. 1971. Ryhmitetty ilmakuva- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa. Abstract: Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. *Folia Forestalia* 132. 40 s.
- Rafstedt, T. & Andersson, L. 1981. Flygbildstolkning av myrvegetation. En metodstudie för översiktlig kartering. Naturvårdsverket, Rapport 1433. 106 s.
- Shilin, B. 1980. Thermal aerial survey in natural resources research (in Russian). *Gidrometeo. Leningrad*. 247 s.
- Solantie, R. 1994. Suurten suo-ojitusten vaikutus ilman lämpötilaan erityisesti Alajärven Möksyn havaintojen perusteella. Ilmatieteen laitoksen meteorologisia julkaisuja 29. 40 s.

EPIFYTTIJÄKÄLIEN RUNSAUS HAVUPIILLA POHJOIS-SUOMESSA VUOSINA 1985 JA 1995

Jarmo Poikolainen

1 Johdanto

Puilla kasvavia epifyyttijäkäliä on käytetty yleisesti ilmanlaadun indikaattoreina niiden ilmansaasteherkkyyden vuoksi. Jäkälät ottavat ravinteensa suoraan sadevedestä ja ilmasta. Sadeveden mukana jäkäliin kertyy helposti myös niille haitallisia aineita. Jäkälien ilmansaasteherkkyyttä lisää se, että ne koostuvat kahdesta eri organismista, sieniosakkaasta ja leväosakkaasta (tai sinibakteerista). Jäkälät ovat herkkiä kaikenlaisille ilmansaasteille, ennen muuta ilman rikkidioksidille, typpiyhdisteille, fluorideille, raskasmetalleille, otsonille ja PAN-yhdisteille. Eri epifyyttilajien herkkyys ilmansaasteille vaihtelee niin, että osa lajeista saattaa hyötyä esimerkiksi ilman typpipitoisuuksien noususta tiettyyn rajaan asti, kun taas jotkut (esim. useimmat lupot ja naavat) ovat hyvin herkkiä kaikenlaisille ilmansaasteille (Insarova ym. 1992, Kärenlampi ym. 1989). Ilmanlaadun kartoituksia epifyyttijäkälien avulla on tehty tämän vuosisadan alkupuolelta lähtien jo sadoittain eri puolilla maapalloa etenkin kaupungeissa ja teollisuuslaitosten ympäristössä (mm. Hawksworth 1973, 1990).

Metlan toimesta tehtiin vuosina 1985–86 koko maan kattava systemaattinen epifyyttijäkäläkartoitus ja se toistettiin vuonna 1995 (Kuusinen ym. 1990, Poikolainen ym. 1997). Tavoitteena on ollut kartoittaa epifyyttijäkälien esiintyminen havupuilla ja jäkälien runsaudessa 10-vuotisjaksolla tapahtuneet muutokset. Kartoitukset antavat tietoa myös tausta-alueiden ilmanlaadusta ja siinä tapahtuneista muutoksista. Seuraavassa on Pohjois-Suomeen (= Oulun ja Lapin läänit) painottuva katsaus kartoitusten tuloksista.

2 Epifyyttijäkälien kartoitukset

Epifyyttikartoitukset tehtiin VMI:n 8. inventoinnin yhteydessä perustetuilla 3 009 pysyvällä näytealalla vuosina 1985-86 ja 1995 täsmälleen samoilla menetelmillä

ja samoista puista. Näin tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Havupuilta arvioitiin 13 yleisen epifyyttijäkälälajin tai -suvun esiintyminen ja runsaus. Lajien herkkyys reagoida rikkidioksidiin vaihtelee:

- 1) Kestävät lajit: viherkuprajäkälä (*Scoliciosporum chlorococcum*) + viherlevä, seinänsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*)
- 2) Suhteellisen kestävät lajit: sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*), keltatyvikarve (*Parmeliopsis ambigua*), ruskoröyhelö (*Cetraria chlorophylla*), keltaröyhelö (*Vulpicida pinastri*)
- 3) Suhteellisen herkäät lajit: tyvikarpeet (*Parmeliopsis* spp.), harmaaröyhelö (*Platismatia glauca*), harmaahankakarve (*Pseudevernia furfuracea*), raidanisokarve (*Parmelia sulcata*), valkohankajäkälä (*Evernia prunastri*)
- 4) Herkäät lajit: lupot (*Bryoria* spp.), naavat (*Usnea* spp.).

Jäkälät arvioitiin puun rungolta ja oksilta 0,5–2,0 m:n korkeudelta seuraavasti: 0 = jäkälää ei esiinny, 1 = jäkälää niukasti, 2 = jäkälää suhteellisen runsaasti, 3 = jäkälää runsaasti.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelua

3.1 Epifyyttijäkälät runsastuneet

Kaikki kartoituksessa mukana olleet 13 epifyyttijäkälälajia runsastuivat inventointijaksolla 1985–1995. Jäkälälajien välillä oli kuitenkin selviä eroja. Selvimmin yleistyivät ilmansaasteita kestävät lajit ja niistä ennen kaikkea viherkuprajäkälä (*Scoliciosporum chlorococcum*) ja sen viherleväosakas. Vähiten yleistyivät ilman rikkidioksidipitoisuuksille herkäät lajit, lupot (*Bryoria* spp.) ja naavat (*Usnea* spp.). Jäkäläien runsastumisessa oli myös selviä alueellisia eroja. Useimmat lajit runsastuivat alueella, joka ulottuu Etelä-Suomen pohjoisosista Etelä-Lappiin.

Havupuiden epifyyttijäkälälajisto on Pohjois-Suomessa monipuolisempi kuin Etelä-Suomessa (Kuusinen ym. 1990, Jukola-Sulonen & Kleemola 1994). Lajimäärä on suurin Pohjois- ja Itä-Suomen vanhoissa kuusikoissa. Kartoituksessa olleista epifyyttijäkälälajeista levinneisyydeltään selvästi Pohjois-Suomeen painottuneita ovat lupot, keltatyvikarve ja tyvikarpeet (harmaatyvikarve ja kalpeatyvikarve). Loppoja esiintyy runsaimmin Kainuun, Koillismaan ja Itä-Lapin vanhoissa metsissä. Lupot ovat runsastuneet Pohjois-Suomessa selvimmin Kainuun pohjoisosissa, Kuusamossa ja Sodankylän pohjoisosissa, missä loppojen määrä jo 1985 oli runsas, ja toisaalta Oulun läänin länsiosissa, missä loppoja esiintyy runsastumisesta huolimatta vieläkin suhteellisen niukasti. Keltatyvikarve on yleistynyt selvästi koko Pohjois-Suomessa niin, että sitä tavataan koko alueella runsaana. Myös tyvikarpeet (harmaatyvikarve ja kalpeatyvikarve), joiden esiintymisen pai-

nopiste on Pohjois-Suomen itäosissa, ovat selvästi runsastuneet kaikkialla Pohjois-Suomessa.

Muista koko maassa esiintyvistä epifyyttijäkälälajeista sormipaisukarve on yleistynyt myös Pohjois-Suomessa niin, että nyt sitä kasvaa koko maassa havupuilla runsaana. Keltaröyhelö on runsastunut selvästi Oulun läänin alueella sekä Etelä- ja Länsi-Lapissa. Harmaaröyhelön, jota esiintyy Pohjois-Suomessa Kainuun pohjoisosia ja Koillismaata lukuunottamatta niukasti, runsaudessa ei ole Pohjois-Suomessa tapahtunut juuri mitään muutosta. Koko maassa suhteellisen vähäisenä esiintyvä ruskoröyhelö on runsastunut Koillismaalla, mutta vähentynyt lähes kaikkialla muualla Pohjois-Suomessa. Naavat ovat yleistyneet Oulun läänissä Pohjanlahden rannikkoalueella ja Oulun ja Itä-Suomen läänien rajamailla. Lapin läänissä naavojen runsaudessa ei ole tapahtunut muutosta. Naavojen niukkuus Lapissa johtuu ilmeisesti ilmastotekijöistä (Kuusinen ym. 1990). Havupuilla harvalukuisena tavattava raidanisokarve on hiukan runsastunut suurimmassa osassa Pohjois-Suomea.

Epifyyttijäkälälajeista, joiden levinneisyys painottuu Etelä- ja Keski-Suomeen, viherkuprujäkälää tavattiin Pohjois-Suomessa 1985 lähinnä vain Oulun seudulla. Vuonna 1995 sitä esiintyi tosin määrältään niukkana jo miltei koko Oulun läänissä ja Lapin läänissäkin paikoitellen Kemin seudulla, Sallassa, Posiolla ja Kemi-järvellä. Toista ilmansaasteita hyvin kestävää lajia, seinänsuomujäkälää tavattiin vuonna 1985 paikoitellen vain Vaasan eteläpuolisilla alueilla. Se on vähitellen yleistynyt niin, että vuonna 1995 se oli ilmaantunut jo Oulun läänissäkin muutamille havaintopaikoille. Harmaahankakarve, Pohjois-Suomessa lähinnä vain Oulun läänin eteläosissa harvalukuisena esiintyvä laji, ei ole täällä juuri yleistynyt. Valkohankajäkälää tavataan havupuilla suhteellisen harvinaisena Etelä- ja Keski-Suomessa Oulun läänin eteläosiin saakka. Se on yleistynyt hieman Oulun läänin länsiosissa.

3.2 Ilmansaastevaikutuksia vaikea erottaa muista jäkälien runsauteen vaikuttavista tekijöistä

Epifyyttijäkälän runsastuminen johtuu ilmeisesti useammasta eri tekijästä. Mahdollisia syitä runsastumiseen voivat olla ilmansaasteiden väheneminen, ilmaston muutokset ja metsien rakenteessa (puulajisuhteet, ikä, tiheys) tapahtuneet muutokset. Koko maan kattavassa kartoituksessa ilmansaastevaikutusten erottaminen muista jäkälien levinneisyyteen vaikuttavista tekijöistä on kuitenkin ongelmallista, koska ilmasto-olot muuttuvat etelästä pohjoiseen ja myös ilman epäpuhtauksien laskeuma vähenee samassa suunnassa.

Joka tapauksessa epifyyttijäkälälajien runsaussuhteissa tapahtuneet muutokset näyttäisivät heijastelevan ilman epäpuhtauksien laskeumassa tapahtuneita muu-

toksia viimeisten 10 vuoden aikana. Suomen omat rikkipäästöt ovat vähentyneet tänä aikana 300 000 tonnista 100 000 tonnin vuositasolle ja myös kaukokulkeutena Suomeen tulevan rikin määrä on vähentynyt. Samaan aikaan epifyyttijäkälät ovat runsastuneet koko maassa niin, että rikkiä parhaiten kestävät lajit, ennen kaikkea viherkuprajäkäliä, ovat runsastuneet selvimmin Etelä-Suomessa, jossa rikkilaskeuma on suurin ja herkimvät lajit selvimmin Keski- ja Pohjois-Suomessa, missä rikkilaskeuma on vähäisempi. Etelä-Suomessa rikkilaskeuma on ilmeisesti vielä niin suuri, että se hidastaa herkimpien lajien elpymistä. Toisaalta Suomen tyyppipäästöt ovat pysyneet viimeisten 10 vuoden aikana suurin piirtein samalla vuositasolla, noin 250 000–300 000 tonnia. Ilmansaasteita hyvin kestävä viherkuprajäkäliä ja mahdollisesti myös suhteellisen hyvin ilmansaasteita kestävät lajit, kuten sormipaisukarve ja keltatyvikarve ovat todennäköisesti hyötyneet ravinteiden lisääntymisestä, samalla kun rikin määrä on vähentynyt (mm. Kärenlampi ym. 1989).

Eri jäkälälajien luontainen levinneisyys vaihtelee jo ilmastotekijöistä johtuen (mm. Halonen ym. 1991). Suurilmastossa tapahtuneiden muutosten vaikutuksesta epifyyttijäkäläien runsaussuhteisiin ei ole tarkkaa tietoa. Metsikkötasolla jäkäläien esiintymisen ja kasvun kannalta tärkeimmät tekijät ovat ilman lämpötila, ilman kosteus ja valaistus. Pohjois-Suomen humidinen ilmasto sopii monille epifyyttijäkälälajeille. Maaperän kosteudella on todettu olevan selvä vaikutus lupon määrään. Oulangan kansallispuistossa tehdyissä kartoituksissa todettiin loppoa esiintyvän runsaimmin kosteissa, suhteellisen harvapuustoisissa ja huonokuntoisissa vanhoissa HMT-kuusikoissa ja korpikuusikoissa (Helle ym. 1989).

Siitä, miten metsien rakenteessa laajoilla alueilla tapahtuneet muutokset vaikuttavat eri jäkälälajien runsauteen, ei ole myöskään Fennoskandian alueelta tarkkaa tutkimustietoa. Pohjois-Suomessa vanhojen metsien laajat hakkuut ovat vähentäneet etenkin loppojen määrää. Valtakunnallisessa kartoituksessa näytealojen puusto ei kuitenkaan ole paljoa muuttunut inventointijaksolla, koska vuosien 1985 ja 1995 vertailuun on otettu vain ne näytealat, joissa näytepuut ovat samoja. Näytekuvioiden ulkopuolella metsien rakenne on voinut muuttua. Tuloksia tarkasteltaessa on myös huomattava, että puut, joilta kartoitus on tehty, ovat ikääntyneet kymmenellä vuodella. Puiden ikääntyessä mm. kaarnan rosoisuus lisääntyy. Rosoisella kaarnalla on jäkälille enemmän sopivia itämis- ja suojapaikkoja kuin sileällä ja hilseilevällä kaarnalla (Hyvärinen ym. 1992, Kuusinen 1994).

Pohjois-Suomessa pronhoitoalueella porojen laidunnuksella on huomattava vaikutus puiden alaosien epifyyttijäkälämääriin ja lajisuhteisiin. Porot syövät mielellään suurikokoisia rihmamaisia jäkäläiä, erityisesti loppoja. Porojen syönnin pitkäaikaisvaikutuksista epifyyttijäkäläien lajisuhteisiin ei ole Suomessa selvitetty.

Kirjallisuus

- Halonen, P., Hyvärinen, M. & Kauppi, M. 1992. Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forests of Finland. *Lichenologist* 24: 165–180.
- Hawksworth, D.L. 1973. Mapping studies. Teoksessa: Ferry, B.W., Baddeley, M.S. & Hawksworth, D.L. (toim.). *Air pollution and lichens*. S. 28–76.
- Hawksworth, D.L. 1990. The long-term effects of air pollutants on lichen communities in Europe and North America. Woodwell, G., (toim.). Cambridge University Press.
- Helle, P., Helle, T. & Mönkkönen, M. 1989. Lupon esiintyminen Oulangan kansallispuistossa. Julkaisussa: Poikajärvi, H., Sepponen, P. & Varmola, M. (toim.). *Tutkimus luonnonsuojelualueilla. Folia Forestalia* 736: 94–98.
- Hyvärinen, M., Halonen, P. & Kauppi, M. 1992. Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forests of Finland. *Lichenologist* 24: 165–180.
- Insarova, I.D., Insarov, G.E., Bråkenhielm, S., Hultengren, S., Martinsson, P.-O. & Semenov, S.M. 1992. Lichen sensitivity and air pollution. Swedish Environmental Protection Agency. Report 4007. 72 s.
- Jukola-Sulonen, E.-L. & Kleemola, J. 1994. Havupuiden epifyyttijäkälät ympäristöindikaattoreina. Julkaisussa: Mälkönen, E. & Sivula, H. (toim.). *Suomen metsien kunto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 527: 54–71.
- Kuusinen, M., Mikkola, K. & Jukola-Sulonen, E.-L. 1990. Epiphytic lichens on conifers in the 1960's to 1980's in Finland. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). *Acidification in Finland*. Springer-Verlag, Berlin. S. 397–420.
- Kärenlampi, L., Oksanen, J. & Anttonen, T. 1989: Growth rate of epiphytic lichens as abioindicator. Julkaisussa: Bucher, J.B. & Bucher-Wallin, I. (toim.). *Air pollution and forest decline*. S. 445–446.
- Poikolainen, J., Kuusinen, M., Mikkola, K. & Lindgren, M. 1997. Mapping of the epiphytic lichens on conifers in Finland in the years 1985 and 1995. In: Paoletti, E. (ed). *17th Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems Stress Factors and Air Pollution*. Florence, Italy, 14-19 September 1996. Chemosphere. Painossa.

RASKASMETALLILASKEUMA OULUN LÄÄNISSÄ VUOSINA 1985–1995

Harri Lippo ja Eero Kubin

1 Johdanto

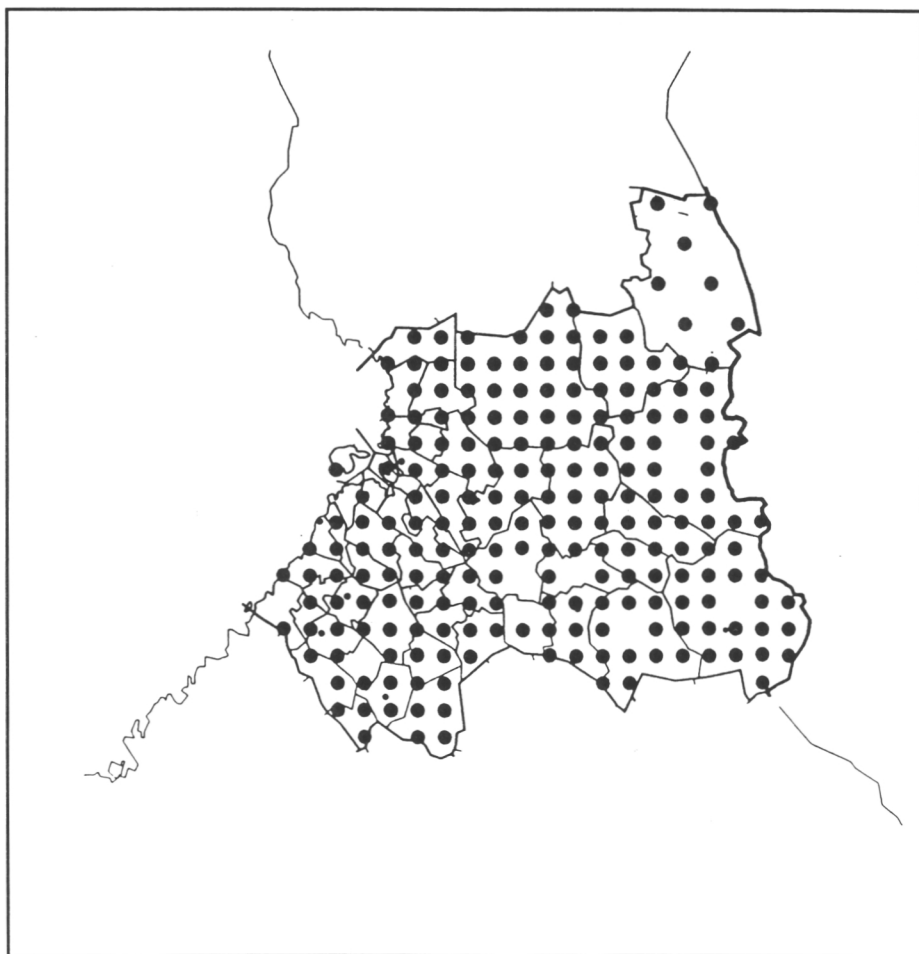
Teollisen toiminnan voimakas lisääntyminen tällä vuosisadalla voimistanut maaperään luontaisesti kuuluvien raskasmetallien mobilisaatiota ja kertymistä suurinakin pitoisuuksina elinympäristöön. Metall- ja kaivosteollisuus sekä fossiilisia polttoaineita energianlähteenä käyttävät voimalaitokset ovat huomattavimpia raskasmetallien päästölähteitä ilmakehään, josta raskasmetallit tulevat laskeumana maahan ja vesistöihin ja rikastuvat ravintoketjuihin.

Sammalten käyttöön perustuva raskasmetallilaskeuman seurannan mittaussuunnitelma kehitettiin Ruotsissa 1960-luvulla (Rühling ja Tyler 1971). Yleiset metsäsammalet, kerrossammal (*Hylocomium splendens*) ja seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), soveltuvat tähän tarkoitukseen hyvin, koska ne ottavat pääosan tarvitsemistaan ravinteista suoraan sadevedestä ja kuivalaskeuman kautta leviävistä, sammalten pintaan kiinnittyvistä hiukkasista. Tiheiden sammalkasvustojen läpi kulkee lisäksi suuria ilmamääriä, joten sammalet keräävät tehokkaasti ilman sisältämiä epäpuhtauksia. Sammalteknikkaa on käytetty raskasmetallilaskeuman selvittämiseen yhteispohjoismaisessa kartoituksessa vuonna 1985, Pohjois-Euroopan kattaneessa tutkimuksessa vuosina 1990 ja 1995 ja laajassa, 20 Euroopan valtiota käsittäneessä tutkimuksessa vuosina 1990-92 (Rühling ym. 1987 ja 1992, Rühling 1994 ja 1997). Lisäksi teknikkaa on käytetty laajoihin valtakunnallisiin sekä päästölähteiden alueellisiin kartoituksiin (Kubin ja Lippo 1996).

Tässä yhteydessä tarkastellaan merkittävimpien raskasmetallien päästölähteitä ja ominaisuuksia sekä laskeumaa Suomessa ja erikseen kuntakohtaisena Oulun läänissä vuosina 1985, 1990 ja 1995.

2 Aineisto ja menetelmät

Sammalnäytteet kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen vuosina 1985-86 metsien tilan ja metsissä tapahtuvien muutosten tutkimista varten perustamilta pysyviltä, systemaattisesti koko maan kattavilta koealoilta (Valtakunnan metsien inventointi 1986), (kuva 1). Näytteenotto, näytteiden esikäsittely ja niiden kemiallinen analysointi tehtiin pohjoismaisten ohjeiden mukaisesti (Rühling 1987, Lippo 1997).



Kuva 1. Metlan pysyvien koealojen verkostoa. Kartalla on esitetty sammalnäytteen keruun koealarypäät, joista Oulun läänin alueella sijaitsee 207 kpl.

3 Tulokset

3.1 Kadmium

Kadmium (Cd) on peräisin pääasiassa metalliteollisuudesta, fossiilisia polttoaineita käyttävistä voimalaitoksista, jätteiden käsittelylaitoksista sekä kadmiumia epäpuhtautena sisältävistä fosforilannoitteista. Keski- ja Itä-Euroopan teollistuneilta alueilta peräisin oleva kaukokulkeuma aiheuttaa huomattavan osan kadmiumlaskeumasta. Kadmiumin yhdisteet ovat myrkyllisiä kaikille organismeille ja lisäksi ne ovat karsinogeenisiä, joten kadmiumin käyttöä ja päästöjä on tarpeen tarkasti säädellä.

Sammalten kadmiumpitoisuudet alenivat tutkimusjakson aikana selvästi, kun koko maan aineiston keskiarvopitoisuus vuonna 1985 oli 0,37 mg/kg niin vuonna 1995 se oli vain 0,18 mg/kg. Aleneminen johtuu metalliteollisuuden ja energiantuotannon päästöjen vähentymisestä ja lannoiteteollisuuden siirtymisestä kadmiumia epäpuhtautena sisältäneistä ulkomaisista raaka-aineista puhtaampiin kotimaisiin raaka-aineisiin. Suurimmat kadmiumpitoisuudet on mitattu Harjavallan ja Kokkolan ympäristöjen sekä Etelä-Suomen rannikkoseudun sammalista. Laskeumassa on ollut selvästi laskeva trendi etelästä pohjoiseen siirryttäessä. Pienimpien pitoisuuksien tausta-alueeseen kuuluivat vuonna 1995 Pohjois-Suomen lisäksi laajat alueet Keski- ja Itä-Suomea.

Oulun läänin alueella ei todettu yksittäisiä päästölähteitä ja sammalten kadmiumpitoisuus aleni tutkitulla 10-vuotijaksolla arvosta 0,40 mg/kg arvoon 0,15 mg/kg. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 oli Piippolassa (0,093 mg/kg; n = 1) ja suurimmat Kuivaniemellä (0,23 mg/kg; n = 3) ja Reisjärvellä (0,20 mg/kg; n = 3).

3.2 Kromi

Kromin (Cr) päästölähteitä ovat rauta- ja terästeollisuus, kivihiiilen käyttö energiantuotannon raaka-aineena ja kaivostoiminta paikallisena lähteenä. Kromiyhdisteiden haitallisuus riippuu kromin hapetusasteesta. Hapetusasteella kolme oleva Cr(III) on ihmiselle välttämätön hivenravinne pieninä määrinä, mutta suurina annoksina se on haitallista. Cr(VI)-yhdisteet ovat karsinogeenisiä ja myrkyllisiä, mutta ne muuttuvat maaperään jouduttuaan vaarattommiksi Cr(III)-yhdisteiksi.

Sammalten kromipitoisuus pysyi tutkimusjakson aikana keskimäärin samalla tasolla. Suurimmat pitoisuudet on mitattu Tornion jaloterästehtaan ja Kemin kromiitikaivoksen ympäristöissä, mutta tutkimusjakson aikana pitoisuudet ovat alenuneet selvästi. Tausta-alueeseen kuuluivat vuonna 1995 Pohjois-Lapin lisäksi

laajat alueet Keski- ja Itä-Suomea. Oulun läänin alueella ei todettu yksittäisiä päästölähteitä, mutta Kemin-Tornion alueen teollisuuden vaikutus ulottui läänin luoteisosiin. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 oli Kärsämäellä (0,84 mg/kg; n = 3) ja suurimmat Haukiputaalla (3,7 mg/kg; n = 1) ja Pattijoella (3,6 mg/kg; n = 1).

3.3 Kupari

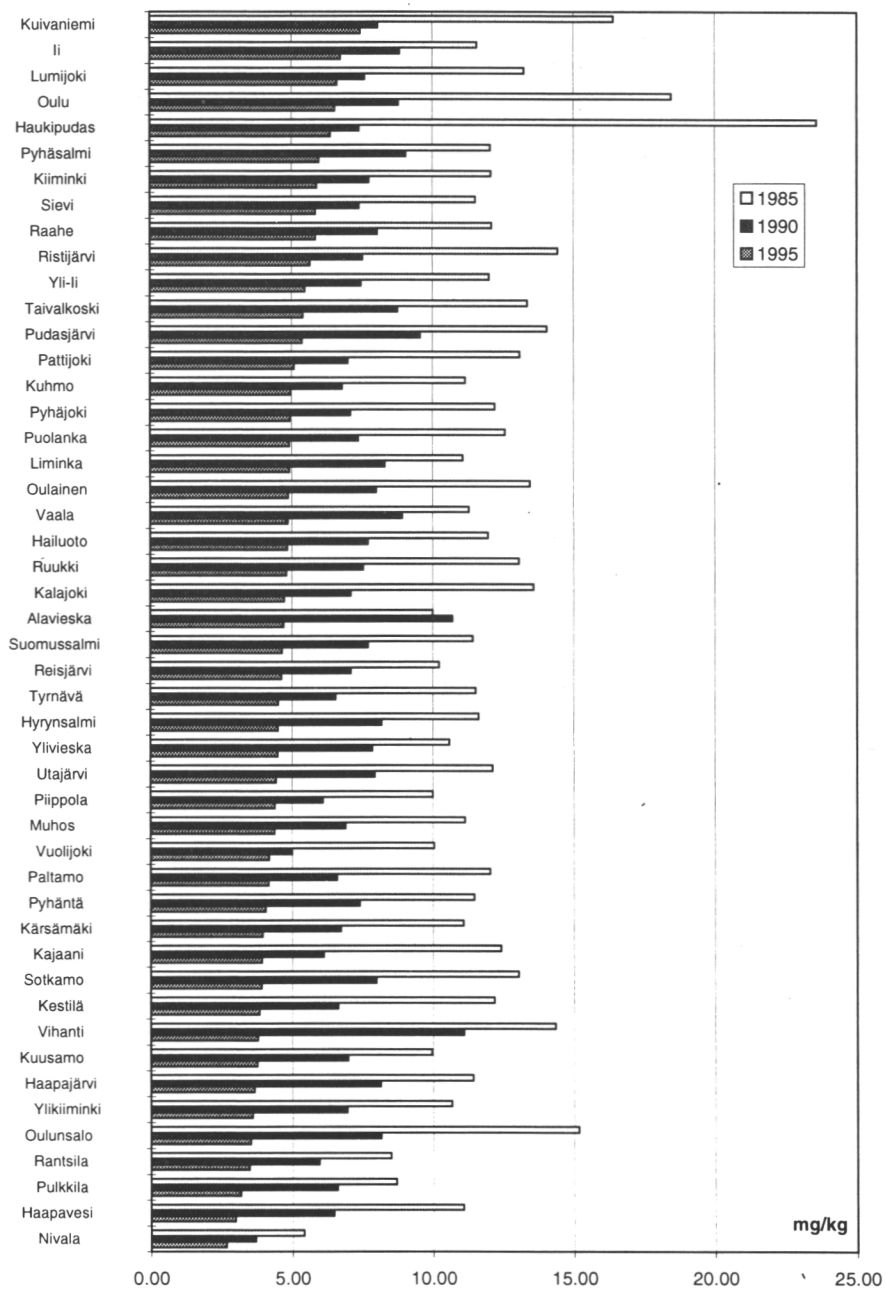
Kupari (Cu) on peräisin pääasiassa metalliteollisuudesta ja fossiilisia polttoaineita energiantuotantoon käyttävistä voimalaitoksista sekä lisäksi kaivostoiminnasta paikallisena päästölähteenä. Kupari on tärkeä hivenravinne kaikille organismeille, mutta suurina pitoisuuksina se on haitallista nisäkkäille ja erittäin myrkyllistä sienille ja leville.

Sammalten kuparipitoisuuksien keskiarvo aleni 12 % vuodesta 1985 vuoteen 1995. Merkittävin päästölähde on ollut Harjavallan tehtaat, jonka ympäristössä pitoisuudet ovat kuitenkin selvästi laskeneet. Korkeita pitoisuuksia on koko tutkimusjakson ajan mitattu myös Itä-Lapissa, jonne Kuolan kaivos- ja metalliteollisuuden päästöjen vaikutus on ulottunut. Tausta-alueeseen kuuluivat vuonna 1995 Länsi-Lapin lisäksi laajat alueet Itä-Suomea. Oulun läänissä kohonneita pitoisuuksia mitattiin Pyhäsalmen kaivoksen ympäristössä. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 oli Ylikiimingissä (3,0 mg/kg; n = 2) ja suurimmat Pyhäjärvellä (21 mg/kg; n = 5) ja Haapajärvellä (6,9 mg/kg; n = 3).

3.4 Lyijy

Lyijyä (Pb) leviää elinympäristöön ensisijaisesti liikenteen, metalliteollisuuden ja energiatuotannon päästöistä. Lisäksi Keski- ja Itä-Euroopasta tuleva kaukokulkeuma vaikuttaa huomattavasti lyijylaskeumaan. Lyijy ja sen yhdisteet ovat kumulatiivisuutensa takia haitallisia nisäkkäille ja myrkyllisiä useimmille organismeille.

Sammalten lyijypitoisuus aleni tutkimusjakson aikana selvästi, sillä keskiarvopitoisuus vuonna 1985 oli 0,37 mg/kg ja vuonna 1995 enää 0,18 mg/kg. Lyijylaskeuma on alentunut lyijyttömään bensiiniin siirtymisen ansiosta. Etelä-Suomessa pitoisuudet ovat mm. kaukokulkeuman takia olleet kauttaaltaan korkeampia kuin Pohjois-Suomessa. Tausta-alueeseen kuului vuonna 1995 Pohjois-Lapin lisäksi laajat alueet Keski- ja Itä-Suomea. Oulun läänin alueella ei todettu yksittäisiä päästölähteitä ja pitoisuus aleni vuoden 1985 keskiarvosta 79 mg/kg arvoon 31 mg/kg vuonna 1995. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 oli Nilvalassa (2,7 mg/kg; n = 1) ja suurimmat Kuivaniemellä (7,4 mg/kg; n = 3) ja Iissä (6,7 mg/kg; n = 2).



Kuva 2. Sammalnäytteiden lyijypitoisuudet Oulun läänin kunnissa vuosina 1985, 1990 ja 1995.

3.5 Nikkeli

Nikkelin (Ni) päästölähteitä ovat metalliteollisuus ja energiantuotanto. Nikkeliyhdisteet ovat karsinogeenista ja ne ovat myrkyllistä useimmille kasveille ja sienille.

Sammalten nikkelpitoisuuksien keskiarvo aleni 13 % vuodesta 1985 vuoteen 1995. Merkittävin päästölähde on ollut Harjavallan tehtaas, mutta pitoisuudet Harjavallan ympäristössä ovat selvästi laskeneet. Kohonneita pitoisuuksia on mitattu myös Hituran kaivosalueen ympäristössä. Kuolan kaivos- ja metalliteollisuuden päästöjen vaikutukset ovat ulottuneet Itä-Lappiin, jossa on mitattu korkeita pitoisuuksia ja joiden taso on pysynyt muuttumattomana tämän tutkimusjakson ajan. Tausta-alueeseen kuului vuonna 1995 Länsi-Lapin lisäksi Keski- ja Itä-Suomi. Oulun läänin alueella ei Hituran lisäksi ollut muita päästölähteitä. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus mitattiin Rantsilassa (0,85 mg/kg; n = 2) ja suurimmat Haapajärvellä (10 mg/kg; n = 3) ja Haukiputaalla (2,1 mg/kg; n = 1) (kuva 2).

3.6 Sinkki

Sinkkiä (Zn) pääsee elinympäristöön lähinnä metalliteollisuudesta ja energiantuotannosta. Sinkki on tärkeä hivenravinne kaikille organismeille ja se on haitallista vain korkeina pitoisuuksina.

Sammalten sinkkipitoisuus on tutkimusjakson aikana pysynyt keskimäärin samalla tasolla. Korkeimmat pitoisuudet on mitattu Kokkolan ja Imatran metalliteollisuuskaupunkien ympäristöissä. Tausta-alueeseen vuonna 1995 kuului Keski-Lapin lisäksi suuri osa Itä-Suomea. Oulun läänissä ei ollut yksittäisiä päästölähteitä. Pienin kuntakohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 oli Paltamossa (26 mg/kg; n = 2) ja suurimmat Lumijoella (61 mg/kg; n = 1) ja Vuolijoella (47 mg/kg; n = 1).

3.6 Vanadiini

Vanadiinin (V) päästölähteitä ovat öljynjalostusteollisuus ja raskasta öljyä raaka-aineena käyttävä energiantuotanto. Vanadiini ja sen yhdisteet ovat myrkyllisiä, mutta ne ovat yleensä vahvasti sitoutuneena maaperään eivätkä siten ole kasvien saatavilla.

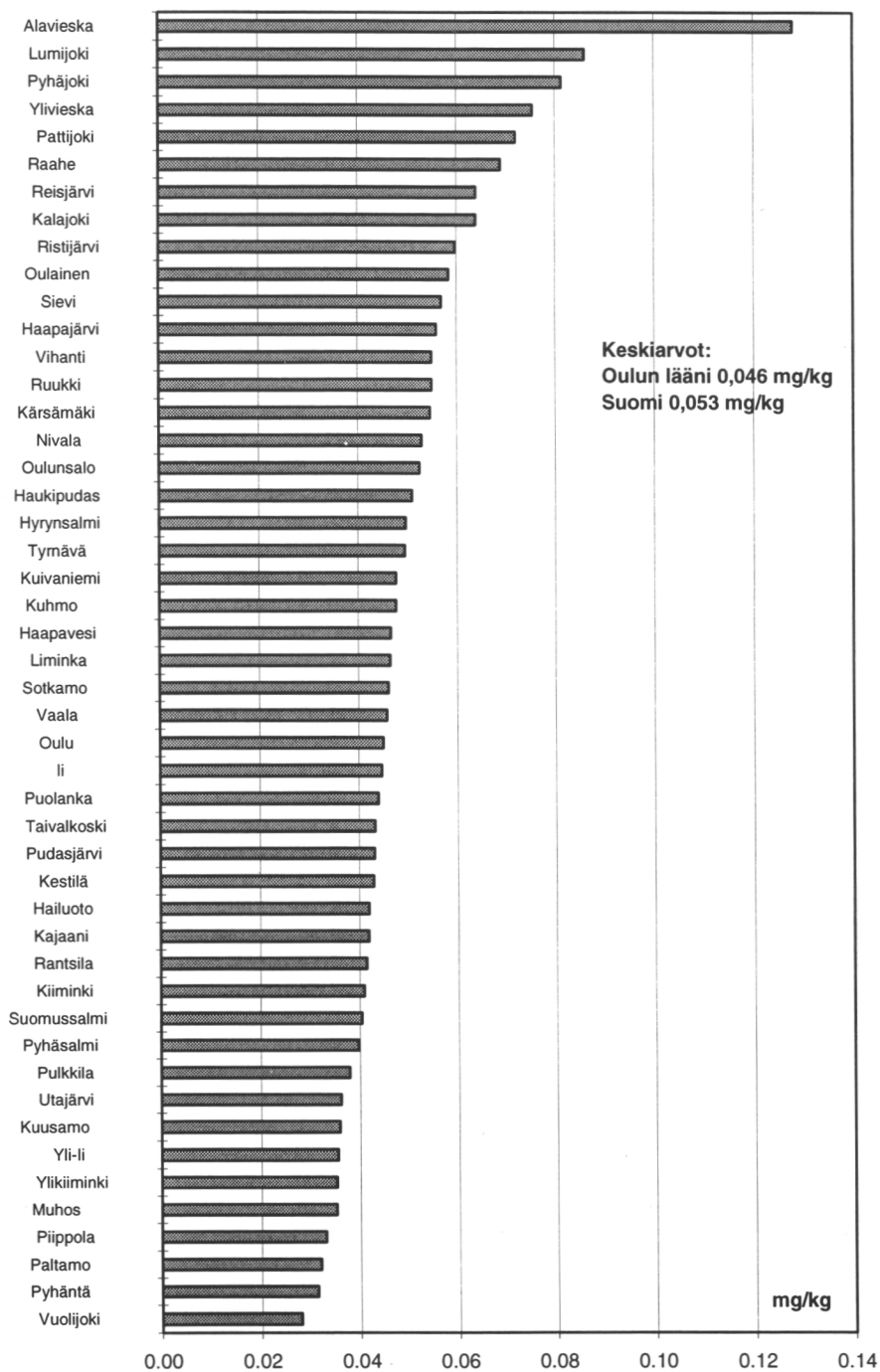
Sammalten vanadiinipitoisuuksien keskiarvo aleni puoleen tutkimusjakson aikana. Suurimmat pitoisuudet on mitattu Naantalissa ja Porvoon öljynjalostamojen ja Raahen terästehtaiden ympäristöissä, mutta pitoisuudet ovat selvästi pienenty-

neet tutkimusjakson aikana. Tausta-alueeseen kuuluivat vuonna 1995 Pohjois-Suomen lisäksi laajat alueet Keski- ja Itä-Suomea. Oulun läänissä pienin kunta-kohtainen keskiarvopitoisuus vuonna 1995 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).

3.7 Elohopea

Elohopeaa (Hg) vapautuu elinympäristöön sekä maaperän luonnollisista lähteistä että ihmisen toimintojen aiheuttamana. Suomessa huomattavimpia päästölähteitä ovat metalliteollisuus ja kivihiiltä tai turvetta polttoaineena käyttävät voimalaitokset. Lisäksi kaukokulkeumalla on huomattava osuus elohopealaskeumassa. Elohopea ja sen yhdisteet ovat myrkyllisiä kaikille organismeille.

Sammalten elohopeapitoisuudet mitattiin koko maan kattavasti ensimmäisen kerran vuonna 1995. Suurimmat pitoisuudet todettiin Kokkolan ja Riihimäen ympäristöissä. Pohjois-Suomessa pitoisuudet olivat selvästi pienemmät kuin Etelä-Suomessa, ja Länsi-Lapissa oli kaikkein alhaisimmat pitoisuudet. Oulun läänissä ei todettu yksittäisiä päästölähteitä. Pienin kuntakohtainen keskiarvo oli Vuolijoenalla (0,028 mg/kg; n = 1) ja suurimmat Lumijoella (0,86 mg/kg; n = 1) ja Alavieskassa (0,13 mg/kg; n = 1) (kuva 3).



Kuva 3. Sammalnäytteiden elohopeapitoisuudet Oulun läänin kunnissa 1995.

3 Yhteenveto

Suomessa sijaitsevista raskasmetallien päästölähteistä merkittävimpiä ovat Harjavallan, Imatran, Kokkolan, Raahen ja Tornion metalliteollisuus, Naantalın ja Porvoon öljynjalostamot sekä Hituran ja Pyhäsalmen kaivokset. Ne aiheuttavat lähinnä paikallisesti kohonneita pitoisuuksia laskeuman indikaattoreina käytettyihin sammalnäytteisiin. Pitoisuudet ovat pääsääntöisesti laskeneet tutkimusjakson (1985–95) aikana. Pitoisuuksien aleneminen johtuu etenkin metalliteollisuuden ja energiantuotannon päästöjen pienenemisestä sekä Suomessa että Keski-Euroopassa.

Kuolan niemimaalla sijaitsevat Montsegorskin ja Nikelin metallisulatot aiheuttavat kohonneita raskasmetallipitoisuuksia Itä-Lapin sammalnäytteisiin. Tutkimusjakson aikana pitoisuustasoissa ei havaittu muutoksia.

Oulun läänin alueelle vaikuttavista päästölähteistä huomattavimpia ovat Raahen ja Tornion metalliteollisuus sekä Hituran ja Pyhäsalmen kaivokset. Kaukokulkeuma etelästä päin vaikuttaa myös laskeumaan. Kuntakohtainen laskeuma riippuu mm. päästölähteiden sijoittumisesta kunnan alueelle, kauempana sijaitsevien päästölähteiden etäisyyksistä, päästömääristä, vallitsevan tuulen suunnasta ja maanpinnan topografiasta.

Kirjallisuus

- Kubin, E & Lippo, H. 1996. The atmospheric heavy metal deposition in Finland from 1985 to 1990. *Applied Geochemistry* 11. 155–161.
- Lippo, H., Jauhiainen, T. & Perämäki, P. 1997. Comparison of digestion methods for the determination of total mercury in environmental samples by flow injection CV-AAS. *Atomic spectroscopy* 18/3. 102–108.
- Rühling, Å., & Tyler, G. 1971. Regional difference in the deposition of heavy metals over Scandinavia. *Journal of Applied Ecology* 8, 497–507.
- Rühling, Å., Rasmussen, L., Pilegaard, K., Mäkinen, A. & Steinnes, E. 1987. Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985. *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. 1992. Atmospheric heavy metal deposition in northern Europe 1990. *Nord* 1992:12. 41 s.
- Rühling, Å., (ed.). 1994. Atmospheric heavy metal deposition in Europe - estimation based on moss analysis. *Nord* 1994:9. 53 s.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Pysyvien koealojen kenttätöy ohjeet 1985-86. 2. painos. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioinnin tutkimusosasto. Metsäinventoinnin tutkimussuunta.

OUTOKUMPU MINING OY, PYHÄSALMEN KAIVOKSEN TOIMINTA JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Teuvo Jurvansuu

Pyhäsalmen kaivoksen toiminnasta

Pyhäsalmen kaivos sijaitsee Oulun läänissä, Pyhäjärven n. 7000 asukkaan kaupungissa. Kaivostoimintaan johtaneen malmikiven löysi maanviljelijä Erkki Ruotanen kaivoa tehdessään elokuussa 1958. Varsinainen kaivostoiminta alkoi 1.3.1962, kun rikastamo käynnistyi. Malmia louhittiin avolouhoksesta vuoteen 1967, jolloin aloitettiin myös maanalainen louhinta rinnan avolouhinnan kanssa. Kun avolouhinta päättyi kokonaan vuonna 1975, oli avolouhoksesta tuotettu 6,8 miljoonaa tonnia malmia. Syvimmillään avolouhos oli 125 metriä. Myöhemmin louhosta on täytetty kaivoksen tukemiseksi.

Malmia on louhittu tähän mennessä 30 miljoonaa tonnia. Ne malmivarat, jotka tällä hetkellä kaivoksessa tunnetaan, riittävät miljoonan tonnin vuosilouhinnalla vuoteen 2000 saakka.

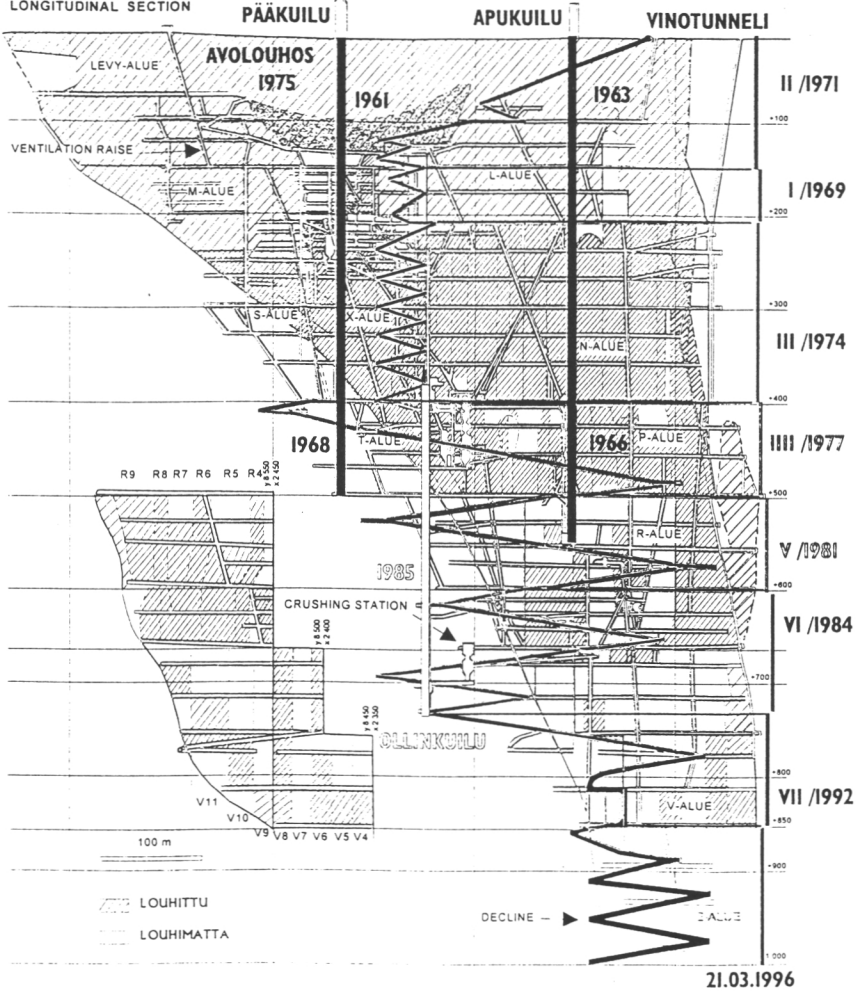
Kaivoksesta louhitaan kuparia, sinkkiä ja rikkiä. Suunniteltu vuosilouhinta vuoteen 2000 saakka on 1 080 000 tonnia malmia, josta saadaan vuodessa kuparia 9.000 tonnia, sinkkiä 17 000 tonnia, rikkirikastetta 690 000 tonnia sekä 9 000 kiloa hopeaa ja 200 kiloa kultaa. Malmin kuparipitoisuus on 1 %, sinkkipitoisuus 2 % ja rikkipitoisuus 39 %.

Lisäksi rikastamalla uudelleenkäsitellään vuodessa noin 300 000 tonnia ns. D-altaan rikkipitoista rikastehiekkaa. Siitä tehdään noin 140 000 tonnia rikkirikastetta/vuosi vuoteen 1999 saakka.

Toukokuussa 1996 Pyhäsalmen kaivos saavutti kilometrin syvyyden ja on nyt Suomen syvin kaivos. Tätä aikaisempi syvennysprojekti oli 1980-luvun alussa, kun rakennettiin uusi kuilu (nk. Olinkuilu) ja nostolaitos +400- ja +700-tason välille +400-tason alapuolisten malmien nostoa varten. Silloin syvin suunniteltu louhintataso oli +850-taso. Vinotunneli saavutti ko. tason vuonna 1992 ja louhinta sieltä alkoi 1993.

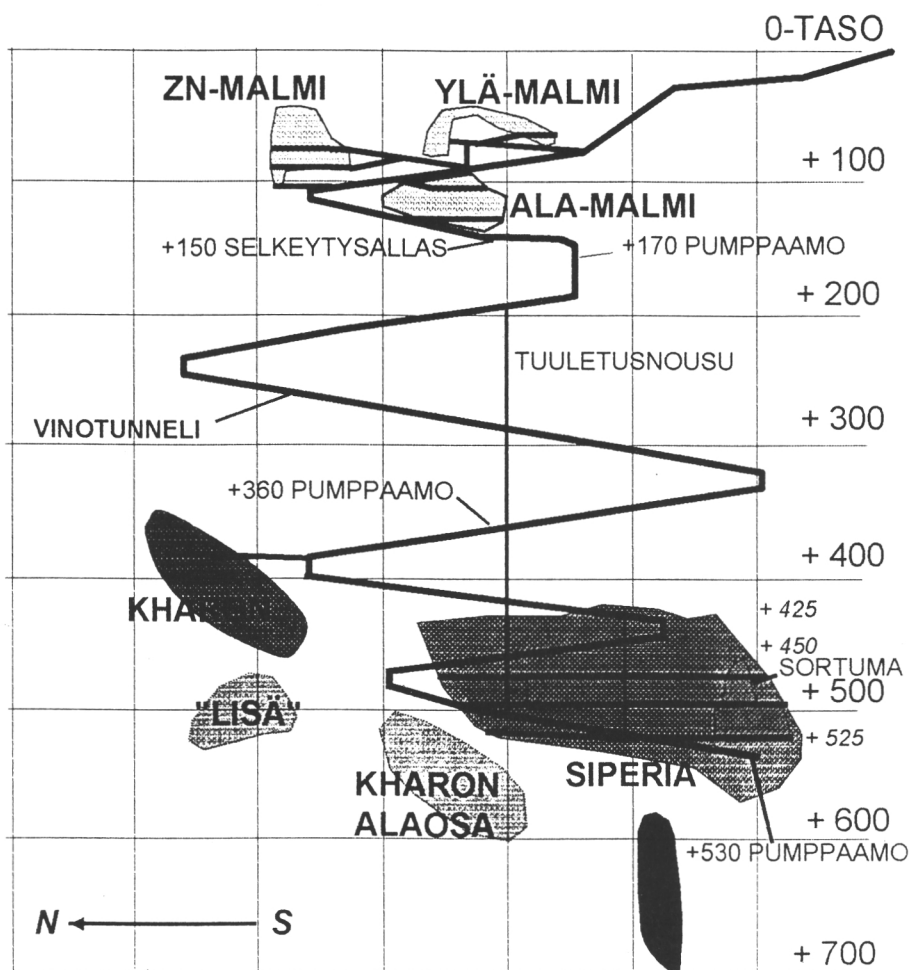
OUTOKUMPU FINNMINES OY
PYHÄSALMI MINE
LONGITUDINAL SECTION

PITUUSLEIKKAUS



MERKITTÄVIÄ VUOSILUKUJA KAIVOKSEN TOIMINNASSA

Kuva 1. Pyhäsalmen kaivoksen pituusleikkaus helmikuussa 1996.



Kuva 2. Mullikkorämeen kaivoksen pituusleikkaus marraskuussa 1996.

Kaivoksen hyvän tuottavuuskehityksen ansiosta myös +850-tason alapuoliset osat tulivat kannattaviksi louhia. Päätös kaivoksen syventämisestä +970-tasolle tehtiin kesällä 1994 ja syventämisestä +1050-tasolle syksyllä 1995. Tänäpäin suunniteltu taso on +1090-taso.

Malmi jatkaa syvemmällekin, kuitenkin tietojemme mukaan koko ajan ulkomi-toiltaan pienentyen. Malmin tutkimiseksi aina 1400 metrin syvyyteen saakka on käynnistetty kaksivuotinen projekti.

Pyhäsalmen kaivokselta n. 10 kilometriä koilliseen sijaitsee Mullikkorämeen kai-vos, josta louhittava sinkkimalmi rikastetaan Pyhäsalmen rikastamolla. Outo-kumpu Oy:n Malminetsinnän v. 1987 tekemä malmilöytö johti maanalaiseen kai-

vostoimintaan ja vuosina 1990–1991 Mullikkorämeen kaivoksesta louhittiin yhteensä 264 000 tonnia sinkkimalmia. Malminetsintää jatkettiin louhitun alueen ns. syvyysjatkeilta ja vuoden 1990 loppupuolella löytyi 400-700 metrin syvyydestä sinkkiesiintymä. Päätös syväosan louhinnasta tehtiin vuoden 1992 lopulla ja louhintaan päästiin keväällä 1996.

Mullikkorämeen malmivarat ovat noin 700 000 tonnia, sinkkipitoisuus 8 %. Malmi sisältää lisäksi lyijyä ja kuparia sekä jonkin verran kultaa ja hopeaa. Suunnitellulla 20 000 tonnin kuukausituotannolla malmivarat riittävät noin kolmeksi vuodeksi.

Kaivosten tuotteista sinkki myydään edelleen jalostettavaksi Outokumpu Zinc Oy:n Kokkolan tehtaille, kupari viedään Outokumpu Harjavalta Metals Oy:n käsittelyn kautta Outokumpu Poricopper Oy:lle, jossa siitä valmistetaan erilaisia kuparituotteita. Harjavaltaan menevät myös kultaa ja hopeaa. Rikkirikasteen suurin asiakas Suomessa on Kemira Chemicals Oy. Rikastetta viedään myös Norjaan, Saksaan ja Japaniin.

Pyhäsalmen kaivoksen henkilömäärä oli suurimmillaan vuonna 1983, jolloin kaivoksella työskenteli yhteensä 520 henkilöä. Henkilökunnan määrä on nyt n. 260 ja lisäksi ulkopuolisia urakoitsijoita on n. 40 henkilöä. Henkilökunnan määrä on vähentynyt ns. luonnollisen poistuman kautta. Kaivoksen toiminta-aikana työsuojelu on tehty runsaan 5 000 henkilön kanssa.

Ympäristövaikutuksista tehty selvitys

Pyhäsalmen kaivoksen ympäristövaikutuksia on viimeisen kolmen vuoden aikana selvitetty kahdella kaivoksen tilaamalla tutkimuksella. Tammikuussa 1995 valmistui Natura Borealis Oy:n tekemä tutkimus, jossa selvitettiin kaivostoiminnan ympäristövaikutusten ulottuvuutta ja ympäristömuutosten suuruutta kaivosalueen lähistöllä. Tutkimusta suunnittelemassa ja toteuttamassa oli myös Pyhäjärven metsänhoitoyhdistys ja kaupungin ympäristötoimi.

Toinen, täydentävä tutkimus valmistui lokakuussa 1995. Tämän tutkimuksen suoritti Geologinen tutkimuskeskus (GTK) ja siinä selvitettiin lähinnä maaperän metallipitoisuuksia ja happamoitumisherkkyttä kaivosalueen ympäristössä sekä suoritettiin maaperäkartoitus pintamaalajien osalta.

Näiden ympäristöselvitysten lähtökohtana on ollut havaittu tilanne, jossa kaivoksen toimintoihin liittyen on ympäristöön todettu joutuvan lähinnä kiinteässä muodossa olevia hiukkaspäästöjä, pölypäästöjä. Selvitysten tavoitteeksi asetettiin olemassa olevaa kaivoksen omaa seuranta-aineistoa täydentäen selvittää kaivos-

alueelta lähtöisin olevien päästöjen vaikutuksia ympäristön maaperään ja kasvillisuuteen.

Natura Borealis Oy:n laajassa tutkimuksessa selvitettiin maaperän raskasmetalli- ja rikkipitoisuuksia sekä happamuutta metsissä ja pelloilla neljän kilometrin säteellä kaivosalueelta. Vertailupiste oli kahdeksan kilometrin päässä. Samoilta näytealoilta analysoitiin myös heinäkasvien raskasmetalli- ja rikkipitoisuudet sekä kuusenneulasten rikkipitoisuudet. Päästöjen vaikutusta metsien kuntoon selvitettiin puiden kasvun mittauksilla sekä arvioimalla puiden vaurioita silmämääräisesti ja laboratorioanalysein. Tutkittavaksi puulajiksi valittiin kuusi, koska vauriot yleensä näkyvät kuusella koivua ja mäntyä selvemmin.

Selvityksen mukaan kaivoksen lähituntumassa oli selvä vyöhyke, missä puustovaurioita ja kuusten kasvun alenemista oli tapahtunut. Samalla alueella maaperän happamuus oli kasvanut ja happamoitumisherkkyys kohonnut. Vyöhyke ulottuu enimmillään 700 metrin päähän rikastamosta.

Tämän vyöhykkeen ulkopuolella (800–1200 m:n vyöhykkeellä rikastamosta) oli havaittavissa lieviä merkkejä ympäristökuormituksesta.

Ainoa peltoalue, jossa oli havaittavissa kaivoksen ympäristökuormitus, oli lähinnä kaivosta 300–400 metrin etäisyydellä sijaitseva pelto. Heinäkasvien kuparipitoisuus oli lähellä sallittujen lisäainepitoisuuksien ylärajaa. Myös muut metallipitoisuudet olivat lievästi kohonneet. Kyseisellä pellolla myös maan pH oli laskenut. Muilla peltonäytealoilla heinäkasvien metallipitoisuudet eivät olleet merkittävästi kohonneet.

Geologisen tutkimuskeskuksen selvityksessä yhtenäinen havaintoalue oli 12 km² kaivoksen ympärillä. Vertailupiste sijaitsi 7 kilometrin päässä kaivoksesta. Alueelta kartoitettiin pintamaalajit, analysoitiin maaperän metallit ja määritettiin happamoitumisherkkyys.

Tutkimuksen mukaan hienoainemoreeni oli alueella hallitseva maalaji. Yleisimmin moreenia peitti savi. Saven päällä oli paikoin hiesua, hietaa tai turvetta. Suuren hienoaines- ja savipitoisuutensa johdosta alueen maaperä on hyvin ravinteista ja reheväkasvuista. Sillä on myös hyvä puskurikyky happamoitumista vastaan.

Maaperän happamuuden osalta GTK:n tutkimustulokset vastasivat Natura Borealis Oy:n tuloksia. Happamoituminen oli lievästi kasvanut kaivosalueen läheisyydessä. Muissa pisteissä, jotka sijaitsivat 2–5 km:n päässä kaivoksesta, maan happamuus vastasi vanhan kuusimetsän luontaista tasoa.

GTK:n tutkimuksen mukaan rikki- ja metallipitoinen pöly on todennäköisin syy laikuttain esiintyviin vaurioihin kasvillisuudessa ja lieviin muutoksiin maan hap-

pamoitumistasossa. Kohonneiden pitoisuuksien alue vastasi aikaisempia tuloksia. Pyhäsalmen kaivosalueella maaperässä esiintyy geologisista syistä luontaisesti kohonneita metallipitoisuuksia malmipuhkeaman itä- ja kaakkoispuolella, mihin ei kaivostoiminnalla ole osuutta.

Pyhäsalmen kaivos aloitti keväällä 1995 neuvottelut todetun vaurioalueen maanomistajien kanssa aiheutuneiden puuston kasvutappioiden korvaamiseksi metsänhoitoyhdistyksen tekemien vaurioarvioiden pohjalta. Korvaukset hoidettiin 1995–96. Lisäksi vaurioalueella tehtiin elokuussa 1996 lentolevityksenä metsän terveyslannoitus. Lannoite oli Kemira Agro Oy:n räätälöimä Suomensalpietaria, apatiittia, biotiittia, kalisuolaa, dolomiittia ja kipsiä sisältävä hidasliukoinen seos, jonka tarkoituksena oli ravinne-epätasapainon korjaaminen ja pH:n hidas nostaminen. Lannoitteen määrä oli 1-1,2 tonnia hehtaarille ja se levitettiin 130 hehtaarin alueelle, joista 100 hehtaaria oli yksityisten metsiä ja 30 hehtaaria kaivoksen omia metsiä. Lannoituksen vaikutuksen oletetaan kestävän 20 vuotta. Aikaisemmin Pyhäsalmen kaivoksen omistamalle kaivospiirialueelle on levitetty maunikuonaa. Kuonan levityksen on hoitanut Pyhäsalmen Lions Club.

Pyrkimys vähentää kaivosalueelta tulevia pölypäästöjä on tehokkain keino estää ympäristövaurioiden leviämistä kaivosalueen tuntumassa. Pölypäästöjen määrä on oleellisesti vähentynyt viimeisten vuosien aikana laiteinvestointien ansiosta. Viimeisin puhtaampaan ympäristöön tähtäävä laitehankinta oli lokakuussa 1995, kun rikastamon savukaasuja varten asennettiin puhdistusyksikkö.

SUOPOHJIEN METSITYKSEN RAVINNETALOUDELLISIA NÄKÖKOHTIA

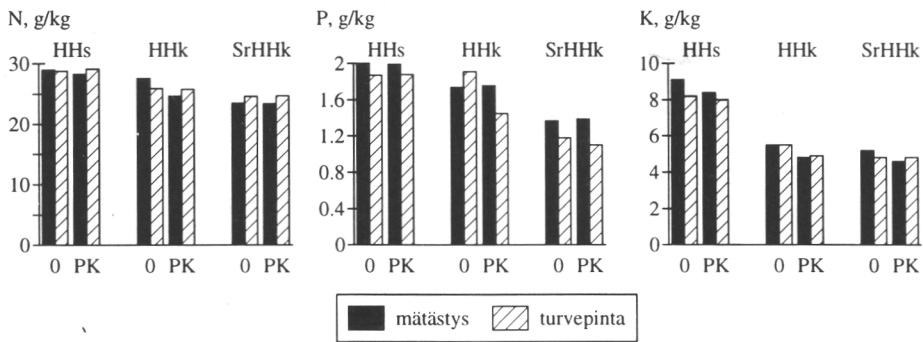
Lasse Aro

Suopohjien ravinteisuus

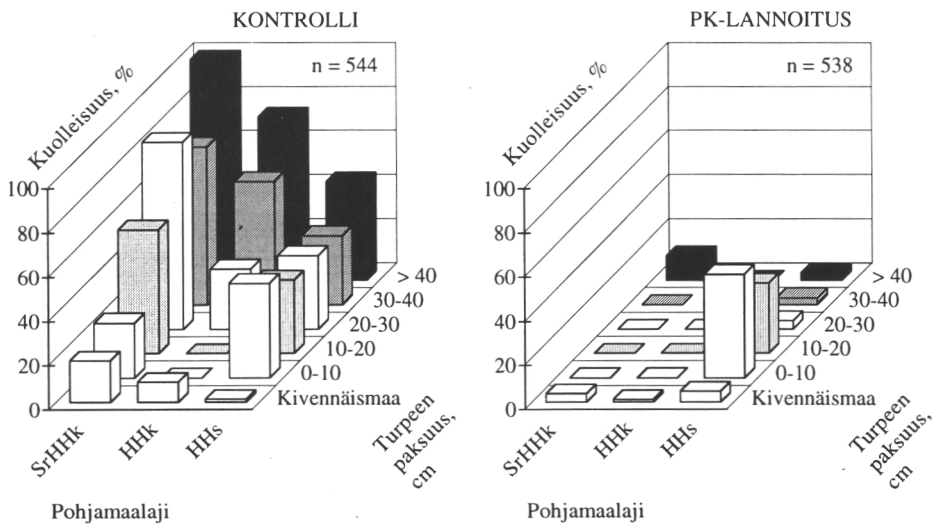
Turpeennostosta vapautuvat ensimmäiseksi helpoimmin hyödynnettävät, lajittuneilla pohjamailla sijaitsevat alueet. Hiekkapohjaisilla alueilla pohjamaan hienoainekseen osuus on usein pieni, joten kasveille käyttökelpoista kaliumia on vähän (Aro & Kaunisto 1995). Myös fosforia on selvästi vähemmän kuin kankaiden metsämaassa. Suopohjille jäävässä turpeessa on runsaasti typpeä, mutta vähän kivennäisravinteita kuten kaliumia. Fosforiakin on usein liian vähän suhteessa typpeen (Aro 1995). Pohjamaan vaikutus turpeen ravinteisuuteen rajoittuu alimpaan 5–15 cm:n turvekerrokseen (Saarinen 1993). Suopohjien ominaisuudet vaihtelevat paljon pienilläkin alueilla, joten sopivien metsitysmenetelmien valinta tuottaa usein vaikeuksia.

Puiden ravinnetila ja kehitys

Taimet kärsivät fosforin ja kaliumin puutoksesta pelkällä turvepinnalla jo metsitysvuonna. Karkealajitteisella kivennäismaapinnalla tai turvesekoitteisissa mätäissäkin ravinnepuutokset ilmenevät 2–3 vuoden kuluttua viljelystä. Sen sijaan hienojakoisilla pohjamailla taimien kaliumravitseminen on todettu hyväksi vielä kahdeksan kasvukauden kuluttua viljelystä (kuva 1, ks. myös Aro 1995). Taimilla on kuitenkin puutetta fosforista näissäkin olosuhteissa (kuva 1, ks. myös Aro 1995).

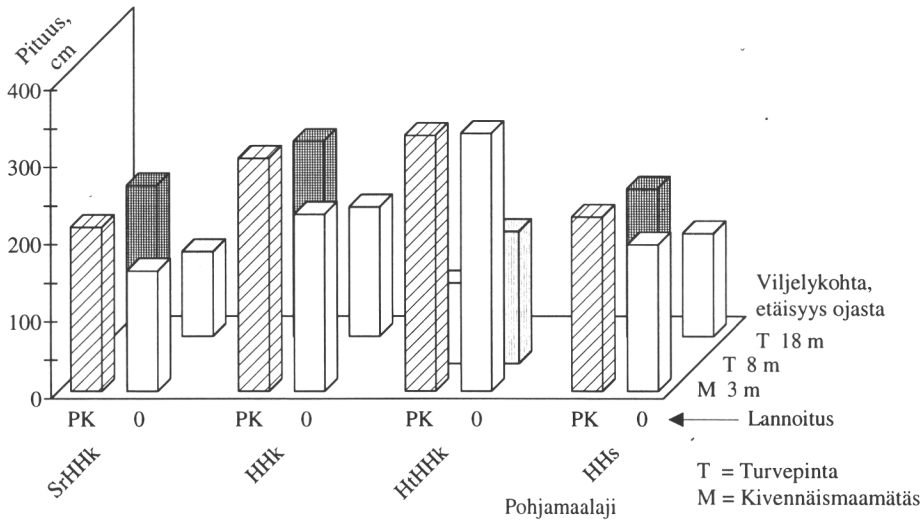


Kuva 1. PK-lannoituksen (P 1,8 ja K 3,4 g/taimi) ja muokkauksen vaikutus rauduskoivun lehtien typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin 7–8 kasvukauden kulluttua viljelystä Rastunsuolla (pohjamaa hienoa hiesua (HHs)), Vuorenevallalla (pohjamaa hienoa hiekkaa (HHk)) ja Satamakeitaalla (pohjamaa soraista hienoa hiekkaa (SrHHk)).



Kuva 2. Pohjamaalajin, turvekerroksen paksuuden ja lannoituksen vaikutus rauduskoivun taimien kuolleisuuteen 7–8 kasvukauden kulluttua viljelystä Rastunsuolla (HHs), Vuorenevallalla (HHk) ja Satamakeitaalla (SrHHk). Lyhenteiden selitys kuvassa 1.

Heikko ravinnetila aiheuttaa taimien kunnon huononemisen ja myöhemmin kuoleamisen. Kuolleisuus on sitä suurempaa mitä paksumpi on turvekerros ja karkeajakoisempi pohjamaa (kuva 2, ks. myös Aro 1995). Puiden pituuskehitykselle sopivimmat pohjamaalajit ovat hietaiset tai hiekkaiset maat, joissa hienojen lajitteiden osuus on riittävä puiden ravinteiden saannin kannalta (kuva 3). Hiesumailla puolestaan maan tiiviys haittaa puiden kehitystä. Rastunsuon tiivispohjaisella kokeella taimien pituuskehitys hidastui myös jänistuhojen takia (Saarinen 1993). Turvekerroksen paksuuden kasvaessa turvepinnalle viljeltyjen taimien pituuskehitys hidastuu (Aro & Kaunisto 1995).



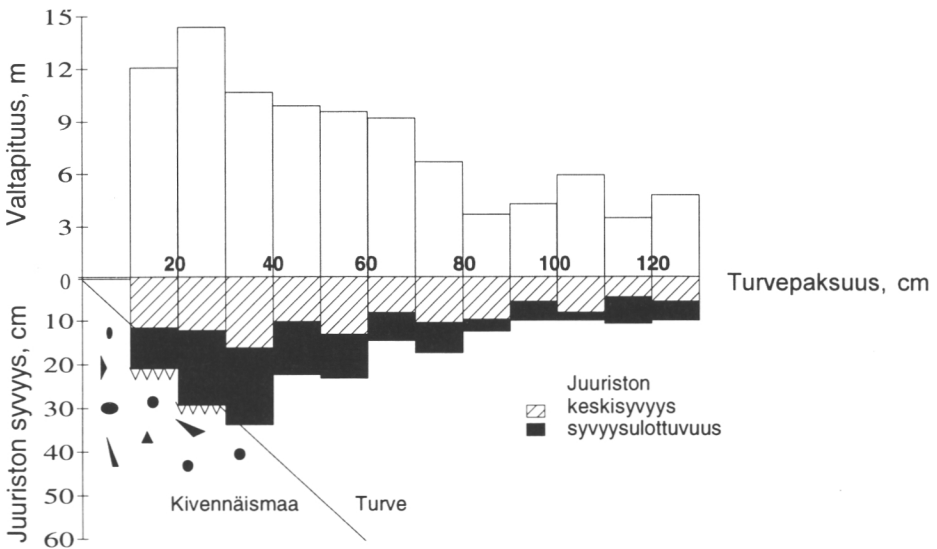
Kuva 3. Rauduskoivun pituus erilaisissa lannoitus- ja muokkausolosuhteissa kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä Rastunsuolla (HHs), Aitonevalla (HtHHK, P 44 ja K 83 kg/ha), Vuorennävällä (HHK) ja Satamakeitaalla (SrHHK). Lyhenteiden selitys kuvassa 1.

Ravinnetalouden hoito

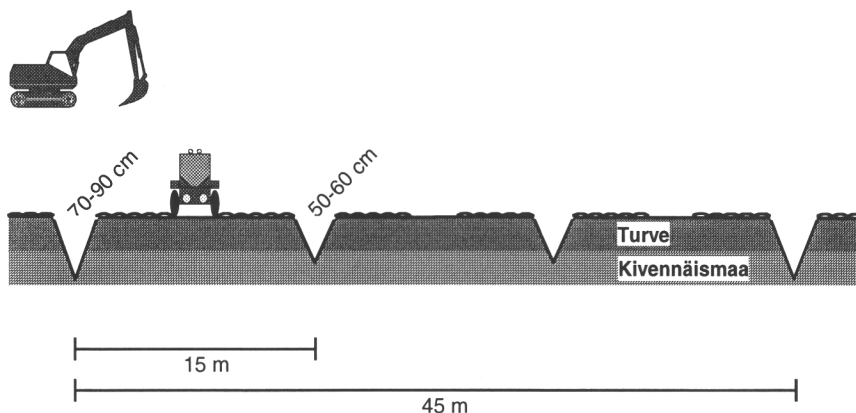
Puiden juuristot ovat suopohjilla verrattain pinnallisia eivätkä varttuneillakaan puustoilla juuri nähtä tunkeutuvan 30–40 cm paksumman turvekerroksen läpi (kuva 4). Suopohjalle jäävä turvekerros ei näin saisikaan olla 20–30 cm paksumpi, jotta puut pystyisivät hyödyntämään turpeen alla olevan kivennäismaan ravinnevaroja. Toisaalta turvetta tarvitaan vähintään 15 cm kerros puiden typpivarastoksi niiden myöhemmän kehityksen turvaamiseksi.

Fosfori- ja kaliumlannoituksella tai hienojakoisen kivennäismaan nostolla taimien juurikerrokseen estetään taimien kuoleminen ja turvataan niiden jatkokehitys (kuvat 2, 3 ja 5). Karkeilla pohjamailla taimien kasvualustaan ojista nostettu

kivennäismaa ei riitä tyydyttämään taimien normaalia kehitystä, vaan tällöinkin tarvitaan fosfori- ja kaliumlannoitusta mieluummin heti viljelyn yhteydessä. Myös lannoitusvaikutuksen kesto riippuu pohjamaan karkeudesta ja turvekerroksen paksuudesta: karkeilla pohjilla ja/tai paksuilla turpeilla saattaa ilmetä jatkolannoitustarvetta jo alle viiden vuoden kuluttua laikkulannoituksena annetusta metsityslannoituksesta (Aro & Kaunisto 1995). Toisaalta ravinteisuudeltaan hyvissä paikoissa puiden kehitys on nopeaa ja tuotos voi yltää jopa parhaiden kangasmaiden tasolle ilman lannoitusta (Kaunisto 1986, Aro & Kaunisto 1996).



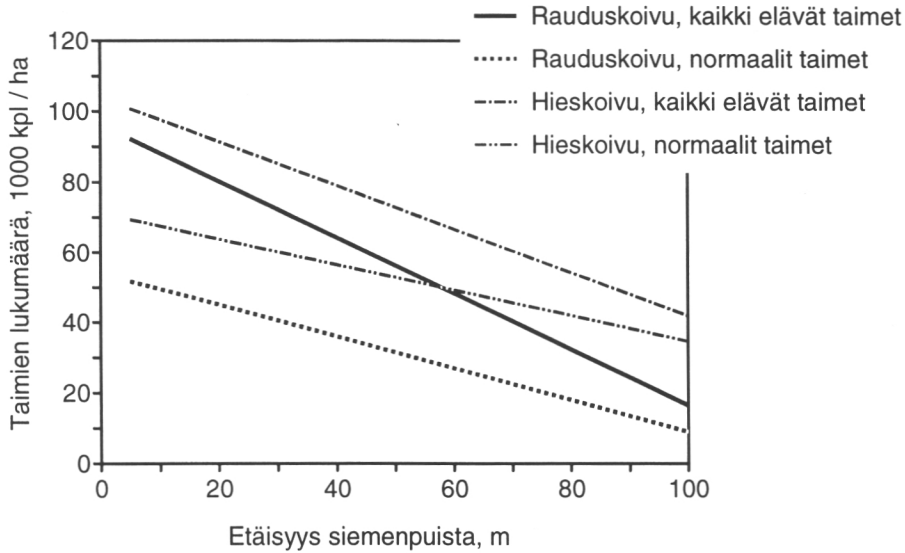
Kuva 4. Turvekerroksen paksuuden vaikutus 30-vuotiaan luontaisesti syntyneen ja lannoittamattoman hies-rauduskoivikon valtapiuuteen ja juuriston syvyyteen Kihniön Aitonevalla (Kaunisto & Saarinen 1989).



Kuva 5. Esimerkki ojitusmätästyksestä suopohjan vesi- ja ravinnetalouden järjestelyssä. Ojat kaivetaan 70–90 cm:n syvyisiksi 40–45 m:n välein. Matalien (korkeus n. 20 cm) mättäiden tekemiseksi saroille kaivetaan 15 m välein myös hieman matalampia ojia kuin varsinaiset kuivatusojat. Karkeajakoisilla pohjamailla ja ohuilla turvekerroksilla ojien väliä voidaan kasvattaa, hienojakoisilla mailla ja paksuilla turvekerroksilla puolestaan kaventaa. Mikäli ojista ei saada nostettua riittävästi kivennäismaata turpeen pinnalle, kannattaa sarkojen keskikohtat jättää viljelemättä. Sarkojen keskikohtia käytetään esim. puunkorjuussa, jolloin puiden parhaat kasvupaikat ojien reunoilla voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

Sopivat puulajit

Suopohjilla voidaan ensimmäisenä puusukupolvena kasvattaa mäntyä ja koivua. Männyllä laatupuun kasvattaminen vaatii kuitenkin suuret viljelytiheydet. Hies- ja rauduskoivu uudistuvat hyvin sekä luontaisesti että kylvämällä, jos turpeen pinta rikotaan kevyesti ja taimien alkukehitys varmistetaan hajalevittämällä PK-lannosta 500 kg/ha (kuva 6, Kaunisto 1981, Saarinen 1993, Aro & Kaunisto 1994). Koivua voidaan kasvattaa energia-, kuitu- tai jopa tukkipuiksi. Kuusi sopinee toisen kiertoajan puulajiksi varsinkin, jos se saadaan syntymään luontaisesti esim. suojaavan koivupuuston alle.



Kuva 6. Koivuntaimien määrä eri etäisyyksillä siemenpuista Kihniön Aitonevalla (Kaunisto 1981).

Tutkimustarpeita

Turpeennostosta alkaa lähitulevaisuudessa vapautua myös moreenipohjaisia alueita, joilta on toistaiseksi vähän tuloksia. Lisää tutkimusta tarvitaan mm. turvepaksuuden ja pohjamaan vaikutuksesta turpeen kuivumiseen, ravinteiden riittävyteen ja puulajien tuotokseen. Ravinteisuudeltaan heikkojen kasvupaikkojen ravinnetalouden hoidossa tarvitaan lisää tietoa mm. lannoitusvaikutuksen kestosta, ravinteiden huuhtoutumisesta, jatkolannoituksen menetelmistä (laikku- vai hajalevytys, määrät), lannoitteiden liukoisuudesta ja tuhkan käyttömahdollisuuksista.

Kirjallisuus

- Aro, L. 1995. Nuorten mäntyjen kehitys suonpohja-alueilla. Ennakkotuloksia. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim). Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 23–35.
- Aro, L. & Kaunisto, S. 1994. Suonpohjien metsitys. Julkaisussa: Häyrynen, M. (toim.). Tapion taskukirja. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, Helsinki. 229–235.
- Aro, L. & Kaunisto, S. 1995. Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueen jälkikäyttö. Metsitystutkimukset 1993-95. Loppuraportti. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Moniste, 13 s. + 21 liites.

- Aro, L. & Kaunisto, S. 1996. Tuhkalannoitus eräillä suonpohjien metsityskokeilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593: 31–41.
- Kaunisto, S. 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a peat cut-away area. *Suo* 32(3): 53–60.
- Kaunisto, S. 1986. Peatlands before and after peat harvesting. *IPS Symp. Proc.*, Oulu, Finland, June 9-13 1986: 241–245.
- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1989. Turpeennostoalueiden metsitys. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Moniste, 10 s. + liite.
- Saarinen, M. 1993. Männyn ja koivun viljely turvetuotannosta poistetuilla suonpohjilla. MML-tutkinnon sivuainetutkielma metsänhoitotieteissä. Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos. 57 s. + 7 liites.

TURVEKENTÄN KUIVATUSVESIEN SADETTAMINEN METSÄÄN: VAIKUTUKSET PUIDEN KUNTOON JA KASVUUN

Pentti Niemistö ja Samuli Kemppainen

Johdanto

Laajamittainen turvetuotanto alkoi Suomessa 1970-luvun alussa. Tuotannossa on nykyisin noin 53 300 ha eli noin 0,5 % maamme suo-alasta. Turvetuotantoon varattua suota on kaikkiaan noin 120 000 ha, mikä on viidennes maamme tuotantokelpoisista soista. Määrä sisältää myös suojelussa olevia soita (Vapo Oy 1993:4). Tuotannon edellytyksenä on, että viranomaisten asettamat yhä tiukemmat ympäristövaatimukset täytetään. Turvetuottajien on panostettava entistä enemmän ympäristökuormituksen pienentämiseen.

Turvetuotannon aiheuttama vesistökuormitus on voimakkainta heti ojitusten jälkeen. Myöhemmin kuormitusta esiintyy lähinnä suurten hetkellisten valumiiden aikana. Turvetuotannon on todettu lisäävän etenkin epäorgaanisen tyyppien huuhtoutumista (Sallantaus 1983). Soiden kuivatus ja turvetuotanto lisäävät myös suurimolekyylisten rautaa sisältävien orgaanisten aineiden huuhtoutumista. Myös liukoisten orgaanisten aineiden ja fosforin huuhtoutuminen lisääntyy ajoittain (Heikkinen 1992: 39–41). Luontaiseen huuhtoutumaan tai maatalouden aiheuttamaan ravinnekuormaan verrattuna turvetuotannon kokonaisvaikutus vesistöihin on kuitenkin pieni. Paikallisena pistekuormittajana turvetuotanto sen sijaan voi kohota yksittäisen vesistön merkittäväksi kuormittajaksi.

Aqua Peat -tutkimusohjelma

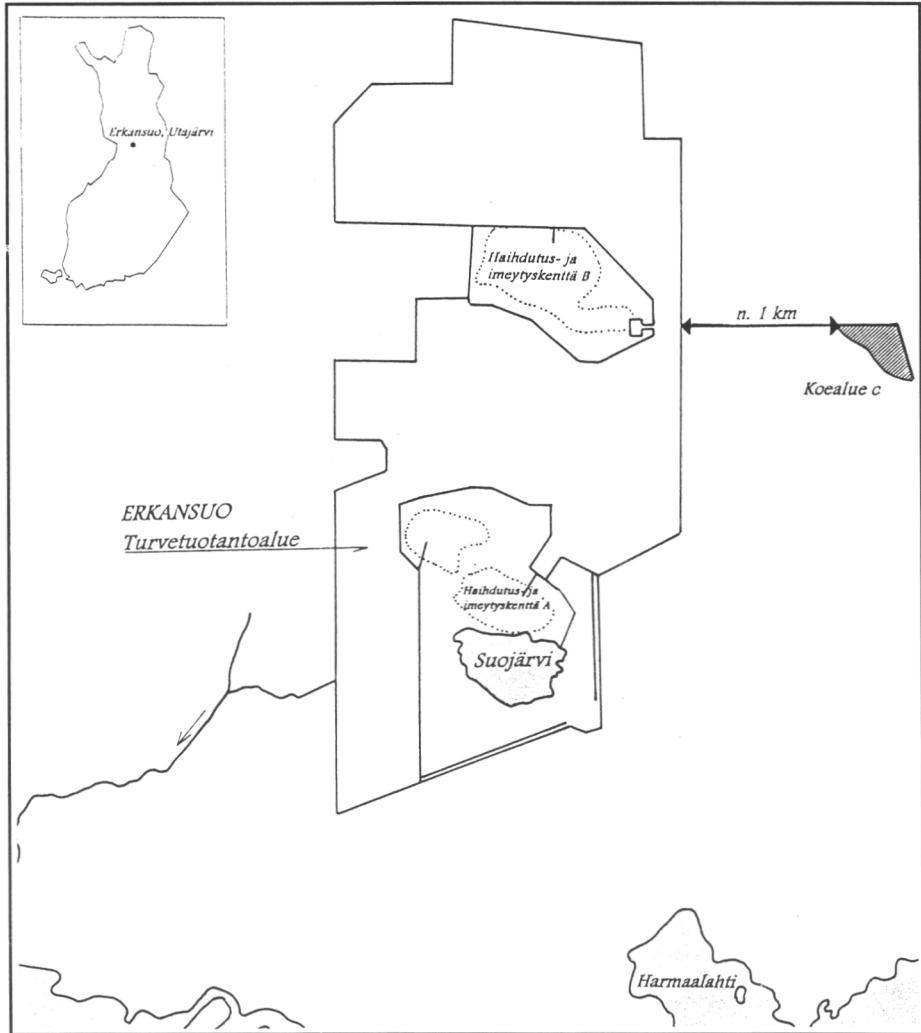
Vuonna 1991 aloitettiin Aqua Peat -tutkimusohjelmaan kuuluvat tutkimukset, joiden tavoitteena oli kehittää uusia menetelmiä torjumaan turvetuotannosta aiheutuvia vesistöhaittoja. Projektin tavoitteena oli saada turvetuotantoalueelta tulevan veden laatu vastaamaan keskeisimpien vedenlaatutekijöiden osalta luonnontilaisen suon veden laatua. Otettaessa käyttöön uusia tuotantoalueita tai haet-

aessa vesienjohtamislupia vanhoille alueille tehdään eri vesienkäsittelymenetel-
mien kesken teknis-taloudellinen tarkastelu ja valitaan alueelle parhaiten sovel-
uva ratkaisu.

Yhtenä vaihtoehtona on tutkittu kuivatusvesien sadetusta ja maahan imeytystä
turvekentän lähellä olevissa kangasmetsissä. Oletuksena oli, että sadetuksen
avulla saadaan turvetuotantoalueelta alapuoliseen vesistöön tuleva kuormitus
pienenemään. Samalla voidaan parantaa kangasmetsän kasvillisuuden vesitalo-
utta, millä mahdollisesti on vaikutusta myös puuston kasvuun.

Tutkimus suoritettiin Utajärvellä Vapo Oy:n Erkansuon turvetuotantoalueella, joka
kuuluu Kiiminkijoen vesistöön. Alueella A (kuva 1) sadetus aloitettiin touko-
kuussa 1993 ja alueella B elokuussa 1992. Tutkimusjakson 1992–96 kesä-syys-
kuun sademäärä on vaihdellut välillä 190–370 mm. Tuotantoalueelta pumpatut
vesimäärät ovat olleet alueelle A keskimäärin 82 500 m³/v ja alueelle B 67 500 m³/
v. Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli selvittää turvekentältä valuvan ve-
den määrässä ja laadussa tapahtuvat muutokset, kun se pumpataan ja sadete-
taan kangasmetsään (Kempainen 1994, Selin ym. 1994).

B-alueella veden liikkumista ja vesitasetta on pystytty seuraamaan tarkasti, kos-
ka vesi poistuu alueelta mittapadon kautta. Tarkkailua on tehty vuosittain kesä-
syyskuun välisenä aikana. Alueelle B (24 ha) on tullut tuona aikana satamalla ja
pumppaamalla vettä yhteensä 90 000–110 000 m³/v (taulukko 1). Kokonaisve-
simäärästä valui alapuoliseen vesistöön mittapadon kautta n. 30–50 %. Loput
vedestä haihtui ilmaan tai imeytyy maaperään. Alueen A varttuneessa metsikös-
sä yli puolet kokonaishaihdunnasta tapahtui puiden kautta (puuston tilavuus
130 m³/ha). Alueella B puuston (= 55 m³/ha) osuus haihdunnasta oli noin kol-
mannes.



Kuva 1. Kartta Utajärven Erkansuon tutkimusalueesta.

Taulukko 1. Erkansuon B-alueelle sadetettu ja satanut sekä sieltä mittapadon kautta poistunut vesimäärä vuosina 1992–96.

Vuosi	Tarkkailu- jakso	Sadettimista vettä m ³	Sademäärä mm	Sademäärä m ³	Vettä m ³ yhteensä	Virtaama m ³ mittapadolta	% vesi- määrästä
1992	1.7.-18.9.	52726	266	60590	113316	54849	48,4
1993	1.6.-30.9.	42768	229	54960	97728	40681	41,6
1994	1.6.-30.9.	43192	202	48480	91672	33818	36,9
1995	1.6.-30.9.	39889	205	49200	89089	23838	26,8
1996	1.6.-30.9.	58389	187	44880	103269	42778	41,4

Veden mukana tulevasta kiintoaineesta (tarkkailujaksolla 1.6.–30.9.) pidättyi vuonna 1996 sadetusalueelle B 87 % (n. 1 850 kg). Liukoisista ravinteista vastaavat osuudet olivat nitraattityyppellä 61 %, ammoniumtyyppellä 98 % ja kokonaisfosforilla 71 % (taulukko 2). Koko 24 hehtaarin alueelle jäänyt typpimäärä oli tuona vuonna 157 kg. Turvekentältä tulevan veden keskimääräinen pH oli vuonna 1996 alueella B keskimäärin 6,7 ja käsittelyn jälkeen kangasmetsästä pois valuvan veden pH vastaavasti 5,0. Metsäalueiden puhdistusteho ei ole heikentynyt tutkimusjakson aikana, joskin vuosittaista vaihtelua on selvästi havaittavissa. Vaihtelu johtunee lähinnä sateiden määrästä ja niiden ajoittumisesta. Turvetuotantoalueelta tulevan veden puhdistuksessa ko. menetelmä toimii hyvin. Vastaviin tuloksiin on päästy käyttämällä kemikalointimenetelmää, joka kirkastaa veden tehokkaasti, mutta ei kuitenkaan poista esim. tyyppiä yhtä hyvin (Selin ym. 1994).

Vesistövaikutusten lisäksi tutkittiin sadetuksen vaikutuksia puuston ja pintakasvillisuuden kehitykseen. Seuraavassa tarkastellaan puiden terveydentilaa ja kuntoa sekä puiden kasvussa tapahtuneita muutoksia elokuuhun 1996 saakka, jolloin sadetusta oli jatkunut neljä kasvukautta. Noin 30 metrin säteelle vettä suihkuttaneet pyörivät sadetuslaitteet korvattiin kolmen vuoden käytön jälkeen reikäputkilla keväällä 1996. Tällöin vesimäärän jakautuminen tutkimusalueiden sisällä muuttui ja sadettimien puille aiheuttama mekaaninen rasitus loppui.

Taulukko 2. Erkansuon sadetusalueen B ravinteiden ja kiintoaineen pidätyskyky vuosina 1993–96.

	1993	1994	1995	1996
Ammoniumtyppi	94,5	87,3	97,2	97,9
Nitraattityppi	53,8	51,9	70,7	60,8
Kokonaistyyppi	81,3	70,3	83,7	74,6
Kokonaisfosfori	75,9	70,4	78,1	70,7
Kiintoaine	92,9	86,5	88,2	87,1

Puuston mittauksesta ja kuntoarvioinnista sekä tulosten laskennasta vastasi tutkija Pentti Niemistö Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalta. Projektitutkija Samuli Kempainen on tehnyt suuren osan muista hankkeeseen liittyneistä tutkimustöistä. Tämä raportti ja sen vaatimat mittaukset on tehty kirjoittajien yhteistyönä.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin sadetuksen ja imeytyksen vaikutusta puuston kuntoon ja kasvuun.

Aineisto ja menetelmät

Sadetusalueet

Sadetusalueeksi A valittiin turvekenttien etelälaidalla sijaitseva kuivahko 7 ha:n suuruinen kangasmetsäsaareke. Alue on keskiosiltaan noin 5 m korkeammalla kuin sitä ympäröivä suo. Metsätyyppi on EVT. Maanpinnan korkeus laskee melko tasaisesti muihin suuntiin lukuunottamatta jyrkähköä pudotusta eteläpuoliseen Suojärveen (kuva 1). Puusto on varttunutta mäntyvaltaista sekametsää, jossa kuusta kasvaa sekapuuna sitä enemmän, mitä lähempänä ollaan suon reunaa. Puusto oli harvennettu muutamia vuosia ennen tutkimuksen alkua. Pohjavesi oli ennen sadetusta enimmillään 4 metrin syvyydessä, lähempänä suon reunaa noin 0,5 metrin syvyydessä. Maaperä on kivistä hietamoreenia, jossa on paikoitellen lähellä pintaa erittäin kovaksi ja tiiviiksi iskostunut rautapitoinen kerros. Tämä vettä läpäisemätön kerros jouduttiin puhkaisemaan kaivurilla notkelmista, joihin vesi alkoi kerääntyä aiheuttaen nopeasti muutamien mäntyjen kuoleman. Runsaan sadetuksen aikana osa vedestä valui pieninä puroina alas rinteitä.

Sadetusalue B on turvekenttien keskelle jäänyt ojittamaton soistunut kangas (24 ha), jonka puusto on eri-ikäistä sekametsää. Vanhojen ylispuumäntyjen alle on syntynyt paikoin tiheää nuorta hieskoivikkoa ja männyntaimikkoa. Seassa kasvaa lisäksi vaihtelevan kokoista kuusta. Maa on tasaista ja alavaa, osittain jo ennestään soistunutta hietamoreenimaata. Maaperä läpäisee vettä kohtalaisesti, koska runsaankaan sadetuksen aikana kuviolle ei muodostunut isoja lammikoita. Ennen sadetusta pohjavesi oli keskimäärin 0,5–1 m syvyydessä.

Puuston mittaus

Puuston tutkimista varten kummallekin alueelle perustettiin sadettimista pohjavesikaivojen kautta metsikön reunaan ulottuvat tutkimuslinjat, jotka merkittiin maastoon ennen sadetuksen aloitusta syksyllä 1992 (kuva 1). Kasvukoepuut (noin 170 kpl) valittiin linjoilla kasvavista terveistä puista siten, että tärkeimmistä puulajeista saatiin edustava näyte eri etäisyyksiltä sadettimista. Koepuista mitattiin niiden sijainti ja rinnankorkeusläpimitta. Keski-ian määrittämistä varten osasta koepuita otettiin ytimeen saakka ulottuvat lustonäytteet rinnankorkeudelta.

Sadetinten ympäriltä poistettiin kaikki puut noin 10 metrin säteeltä, koska niiden kuori irtosi voimakkaan vesisuihkun vaikutuksesta ja samalla puut estivät veden tasaista leviämistä maastoon. Elokuussa 1996 kairattiin vuosilustonäytteet kaikista jäljellä olevista koepuista ja valittiin sadettimien vierestä menetettyjen koepuiden sijalle uudet vastaavan kokoiset puut mahdollisimman läheltä ko. sadetinta. Lopullinen kasvukoepuiden määrä oli alueella A 88 kpl ja alueella B 80 kpl

(taulukko 3). Lisäksi kairattiin sadettamattomalta kontrollialueelta C 18 mäntyä ja ojitetulta kontrollialueelta D 18 hieskoivua. Lustonpaksuudet mitattiin Muhoksen tutkimusaseman lustomikroskoopilla 0,01 mm:n tarkkuudella.

Elokuussa 1996 mitattiin puiden rinnankorkeusläpimitta ja arvioitiin niiden kunto 12 metrin levyiseltä vyöhykkeeltä, joka ulottui 6 m etäisyydelle em. tutkimuslinjojen molemmin puolin. Tutkimuslinjat mitattiin sadettimista lähtien 10 metrin pätkissä, joten puuston määrä saatiin laskettua puulajeittain 10*12 metrin ruuduissa. Tilavuuden määrittämisessä käytettiin rinnankorkeusläpimittaan perustuvia tilavuusfunktioita puulajeittain (Laasasenaho 1983).

Taulukko 3. Sadetusalueiden puusto syksyllä 1992 ja kasvukoepuiden lukumäärä.

	Mänty	Kuusi	Hieskoivu	Haapa	Yhteensä
Alue A:					
Puuston tilavuus, m ³ /ha	110	14	3		127
Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta, cm	22	16	10		21
Alue B:					
Puuston tilavuus, m ³ /ha	20	11	16	1	48
Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta, cm	18	15	10	11	14
Kasvukoepuiden lukumäärä:					
Sadetusalue A	54	13	21		88
Sadetusalue B	41	19	20		80
Kontrollialue C	18				18
Kontrollialue D			18		18

Tulokset

Puuston kunto elokuussa 1996

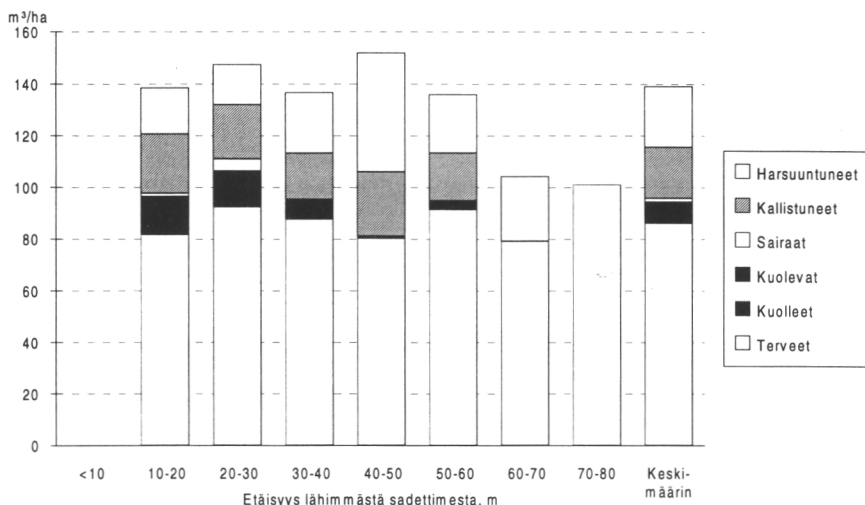
Alue A, kuivahko kangas

Kuolleiden puiden osuus alueen A mäntyjen tilavuudesta oli 3 %. Kuolleet puut sijaitsivat kaikki alle 20 metrin etäisyydellä sadettimista (taulukko 4). Kauempainakin kuolleita mäntyjä havaittiin notkelmissa, jotka eivät kuitenkaan osuneet tutkimuslinjoille. Kuolevien puiden osuus mäntyjen tilavuudesta oli 4 % ja niitä esiintyi enimmäkseen alle 40 metrin päässä sadettimista. Kuusista kuolleita oli

1 % eikä kuolevia ollut lainkaan. Neulasiston perusteella sairaiksi luokiteltuja puita esiintyi hyvin vähän, mutta mäntyjen tilavuudesta peräti 16 % oli kallistuneita puita. Tämä on vakava oire juuriston huonosta kunnosta. Huolestuttavaksi tilanteen tekee se, ettei kallistuneita mäntyjä ollut vain sadetettulla alueella vaan niitä esiintyi yhtä paljon aina 60 metrin etäisyyteen saakka sadettimista. Kuusissa ei vastaavaa kallistumisilmiötä esiintynyt. Kuusen harsuuntuminen eli neulasmassan vähentyminen näytti johtuvan sadetuksesta, koska sitä esiintyi runsaasti alle 40 m etäisyydessä sadettimista, mutta ei ollenkaan sitä kauempana. Mänyllä harsuuntuminen oli keskimäärin yleisempää kuin kuusella, mutta ei ilmeisesti johtunut sadetuksesta, koska se näytti jopa lisääntyvän kauempana sadettimista.

Taulukko 4. Puuston tilavuusosuudet kuntoluokittain ja puulajeittain sadetusalueella A elokuussa 1996.

Puulaji	Sadettimen etäisyys, m	Terveet	Kuolleet	Kuolevat	Sairaats	Kallistuneet	Harsuuntuneet
			% tilavuudesta				
Mänty:	10-20	53	10	2	1	19	15
	20-30	63	0	10	3	15	10
	30-40	61	0	7	0	16	17
	40-50	47	0	0	0	19	35
	50-60	66	0	2	0	14	18
	60-70	37	0	0	0	0	63
	70-80	100	0	0	0	0	0
	Yhteensä	58	3	4	1	16	19
Kuusi:	10-20	96	4	0	0	0	0
	20-30	31	5	0	0	0	64
	30-40	78	0	0	1	0	21
	40-50	95	0	0	4	0	0
	50-60	87	0	0	13	0	0
	60-70	100	0	0	0	0	0
	70-80	100	0	0	0	0	0
	Yhteensä	90	1	0	2	0	7
Puulajit yhdessä:		62	2	3	1	14	17



Kuva 2. Sadetusalueen A puuston tilavuuden jakautuminen terveydentilan mukaan eri etäisyyksillä sadettimesta.

Puuston keskimääräinen tilavuus sadetusalueella A oli $139 \text{ m}^3/\text{ha}$. Männyn osuus tilavuudesta oli 87 %, kuusen 11 % ja hieskoivun 2 %. Täysin terveitä puita oli $85 \text{ m}^3/\text{ha}$ (kuva 2). Kuolleiden tai kuolevien puiden määrä oli $8 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja kallistuneiden mäntyjen määrä $20 \text{ m}^3/\text{ha}$.

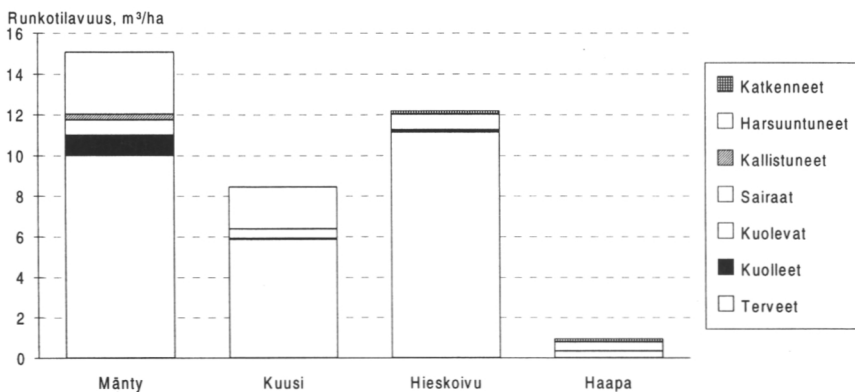
Alue B, soistunut kangas

Alueella B mäntyjen kunto oli selvästi parempi kuin alueella A: kuolleiden tai kuolevien osuus tilavuudesta oli 2 %. Sairaita oli vastaavasti 2 % (taulukko 5). Sen sijaan kuusten terveydentila oli alueella B heikompi. Vain 39 % kuusen kokonaistilavuudesta oli terveitä puita. Harsuuntuneisuus oli yleisin kuusten kuntoa heikentävä tekijä (36 %) ja sairaita puita oli 20 % kuusen tilavuudesta. Kuusten terveydentila oli yhtä heikko koko alueella riippumatta sadettimen etäisyydestä. Hieskoivujen terveydentila oli hyvä, vaikka lehdet olivat humuspitoisen veden "likaamia". Harsuuntuneiden puiden osuus koivuista oli 4,4 %.

Taulukko 5. Puuston tilavuusosuudet kuntoluokittain ja puulajeittain sadetusalueella B elokuussa 1996.

Sadettimen etäisyys, m	Terveet	Kuolleet	Kuolevat	Sairaat	Kallistuneet	Harsuuntuneet	Katkenneet
	% tilavuudesta						
10-20	46	18	0	14	0	23	0
20-30	72	2	0	1	4	18	2
30-40	86	0	0	2	0	12	0
40-50	81	0	0	3	0	15	1
50-60	86	0	0	1	0	10	3
60-70	85	0	0	0	0	14	0
70-80	49	0	0	7	0	44	0
80-90	98	0	0	0	0	2	0
80-100	99	0	0	0	0	2	0
Yhteensä	74	3	0	4	1	17	1
Mänty	74	2	0	2	2	19	1
Kuusi	39	3	1	20	1	36	1
Hieskoivu	92	1	0	1	1	4	1
Haapa	71	0	0	0	0	13	17

Alle 20 m:n etäisyydellä sadettimista oli kaikista puista terveitä vain 46 %. Vielä 20–30 metrin etäisyydellä terveydentila oli keskimääräistä heikompi, mutta kauempana ei puiden terveydessä ollut enää eroja. Riippuvuus sadettimen etäisyydestä oli samanlaista niin kuolleiden, sairaiden kuin harsuuntuneidenkin puiden kohdalla. Mäntyjen tilavuus sadetusalueella B oli keskimäärin 15 m³/ha ja kuusten tilavuus oli 8,5 m³/ha (kuva 3). Nuorta lehtipuuta oli yhteensä 13 m³/ha, josta valtaosa hieskoivua.



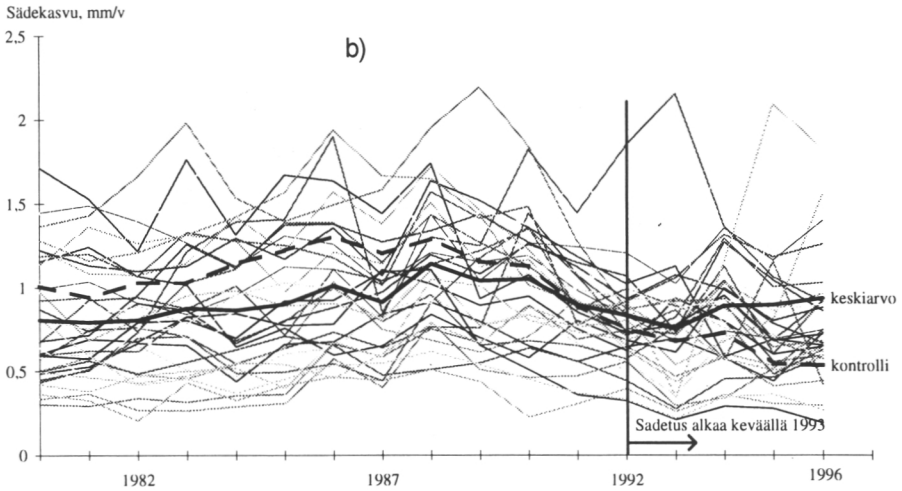
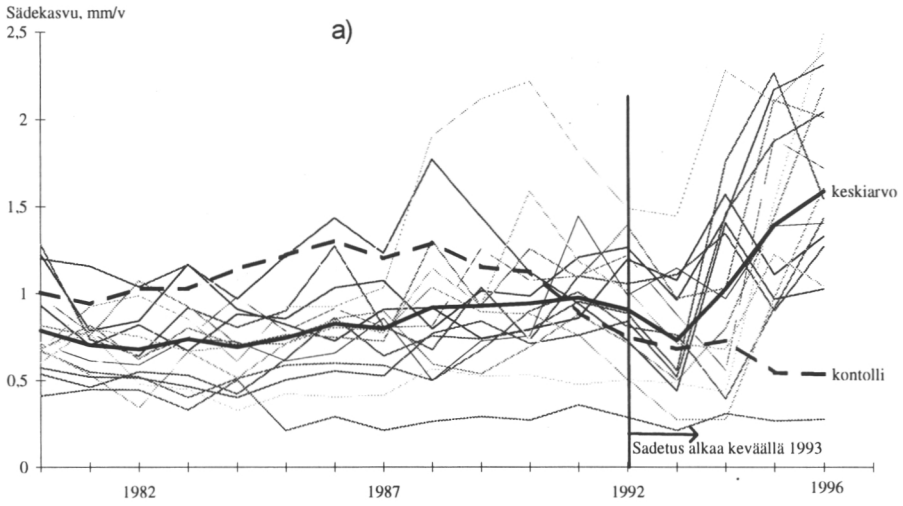
Kuva 3. Sadetusalueen B puuston tilavuuden jakautuminen terveydentilan perusteella puulajeittain.

Puiden sädekasvu sadetusjaksolla 1993–1996

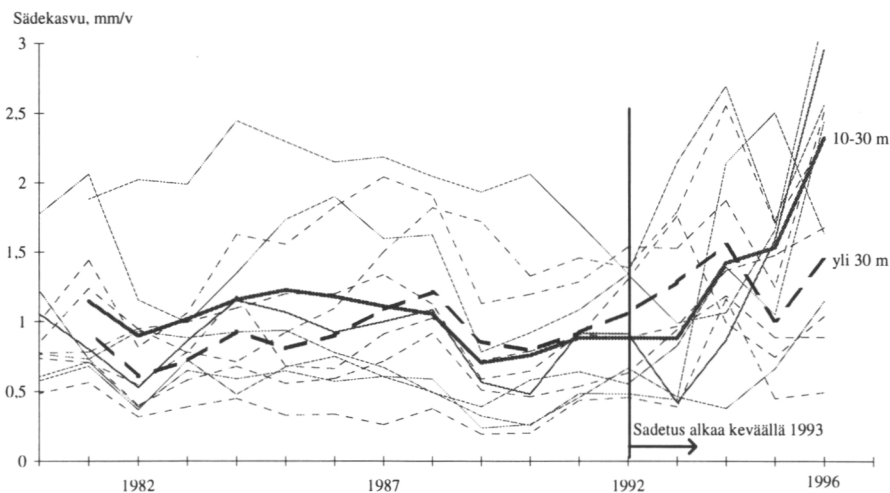
Alue A, kuivahko kangas

Puiden sädekasvun muutoksia tutkittiin puulajeittain eri etäisyyksillä sadettimista. Sadetuskaudella tapahtui kasvun muutoksia enemmän alle 30 metrin etäisyydellä sadettimista kuin sitä kauempana. Sekä mänyllä että kuusella juuri 30 metrin säde osoittautui rajaksi, jonka sisäpuolella puut lisäsivät selvästi kasvuaan toisesta sadetuksen jälkeisestä kasvukaudesta lähtien (kuvat 4 a ja b). Sadetusta edeltävän 5-vuotiskauden sädekasvu kaksinkertaistui mänyllä neljänteen kasvukauteen mennessä. Samoina vuosina kontrollialueen mäntyjen kasvu alentui, joten niiden perusteella arvioituna sadettujen mäntyjen kasvun voitiin katsoa jopa kolminkertaistuneen. Lähellä sadettimia kasvun trendi on ollut jyrkästi nouseva viimeisten kolmen vuoden aikana. Yli 30 metrin etäisyydellä sadettimista mäntyjen kasvu ei muuttunut sadetusta edeltävään kauteen verrattuna, mutta siellä ei havaittu toisaalta myöskään sellaista sädekasvun taantumaa kuin kontrollialueella (kuva 4 b).

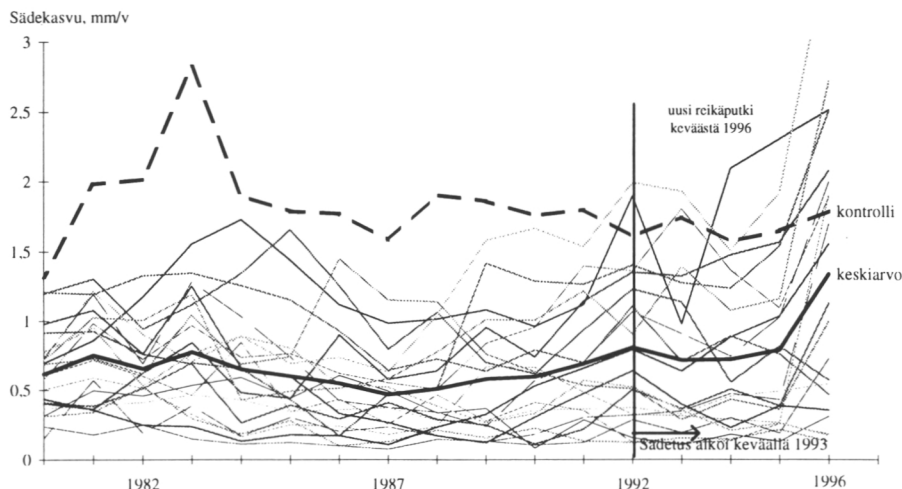
Kuusten sädekasvu keskimäärin 2,5-kertaistui alle 30 m etäisyydellä sadettimista ja aikataulu oli samanlainen kuin mänyllä (kuva 5). Myös yli 30 metrin etäisyydellä sadettimista havaittiin lievä sädekasvun kohoaminen. Alueella A oli harvakseltaan hieskoivuja ja nekin melko kaukana sadettimista. Niiden sädekasvu ei muuttunut sadetuksen alettua lukuunottamatta selvää nousua vuonna 1996 (kuva 6). Noin puolet hieskoivuista sijaitsi lähellä reikäputkia, joilla sadettimet korvattiin vuoden 1995 jälkeen. Hieskoivujen sädekasvu näytti parantuneen välittömästi sadetusjärjestelmän muutoksen jälkeen. Sadettamattomalla kontrollialueella D ei muutosta koivujen kasvussa havaittu.



Kuva 4. Kuivatusvesien sadetuksen vaikutus kuivahkon kankaan (alue A) mäntyjien sädekasvuun a) alle 30 m etäisyydellä ja b) yli 30 m etäisyydellä sadettimista.



Kuva 5. Kuivatusvesien sadetuksen vaikutus kuivahkon kankaan (alue A) kuusten sädekasvuun 10-30 m ja yli 30 m etäisyydellä sadettimista.

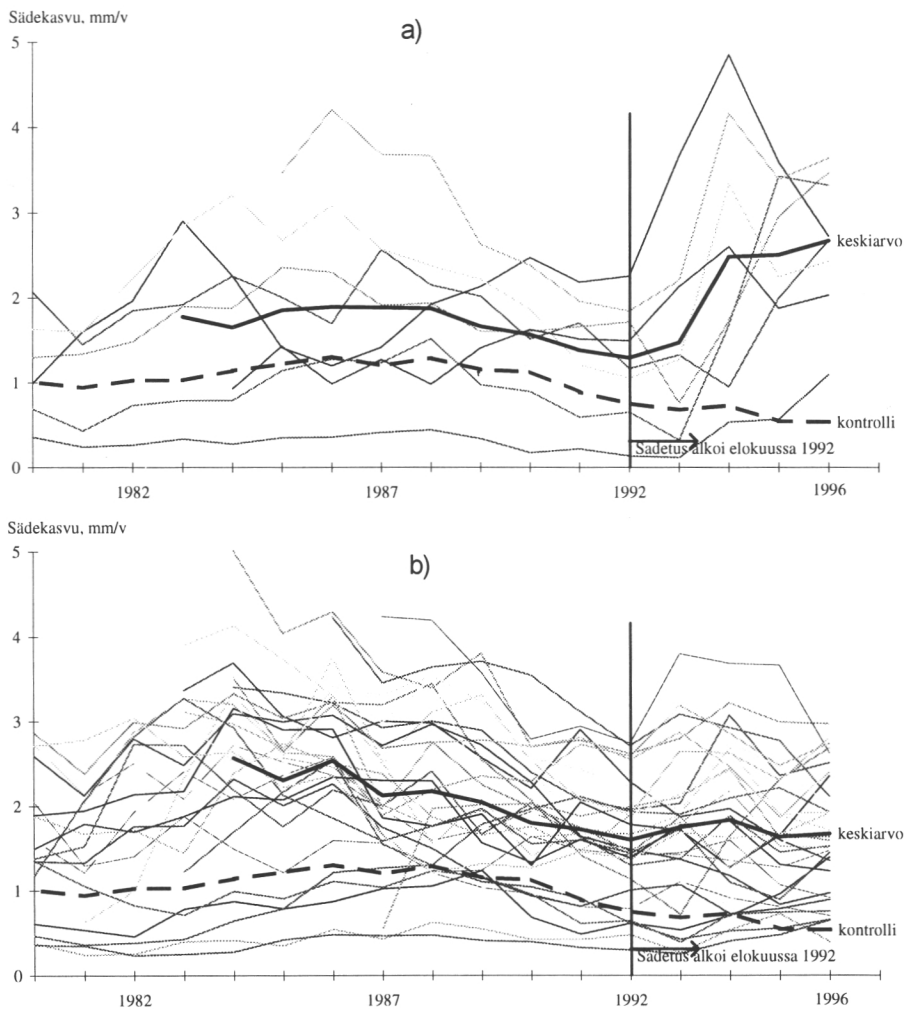


Kuva 6. Erkansuon turvetuotantoalueen kuivatusvesien sadetuksen vaikutus kuivahkon kankaan (alue A) hieskoivujen sädekasvuun.

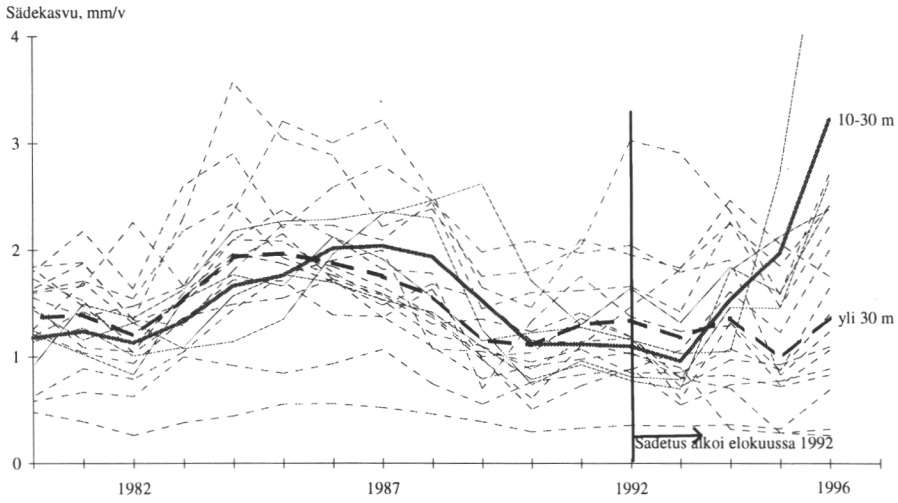
Sadetusalue B, soistunut kangas:

Alle 30 m etäisyydellä sadettimista mäntyjen sädekasvu 1,7-kertaistui toisena kasvukautena sadetuksen aloituksen jälkeen ja on pysynyt siitä lähtien samalla tasolla (kuva 7a). Kuusten sädekasvu oli vuonna 1996 kolminkertainen aikaisempaan verrattuna ja se on kohonnut vuosi vuodelta lukuunottamatta ensimmä-

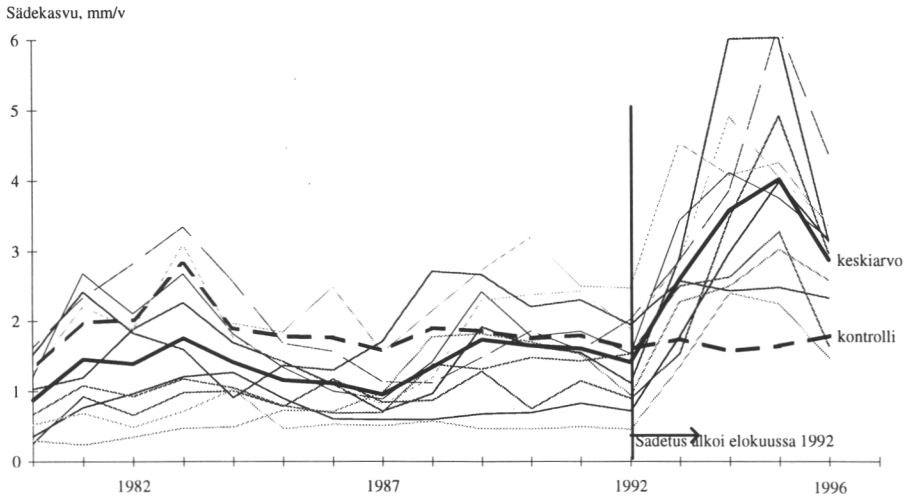
mäistä sadetuksen jälkeistä kasvukautta (kuva 8). Yli 30 m etäisyydellä ei havaittu sadetuksesta johtuvia sädekasvun muutoksia kummallakaan havupuulla. Sen sijaan hieskoivulla havaittiin selvä kasvun lisääntyminen aina 50 metrin etäisyydelle saakka sadettimista. Kauempanakin kasvu oli jonkin verran korkeampi kuin kontrollialueella. Hieskoivujen sädekasvu reagoi havupuista poiketen jo heti ensimmäisenä kasvukautena ja kolmanteen vuoteen mennessä kasvu oli 2,5-kertainen (kuva 9). Neljäs sadetuksen jälkeinen kasvukausi on ollut koivulle jo heikompi. Erityisesti parhaiten sadetuksen jälkeen kasvaneiden koivujen kasvu on alentunut. Muutokset ovat kokonaan sadetuksen aiheuttamia, koska kontrollialueen D hieskoivujen kasvu on pysynyt koko ajan tasaisena. Hieskoivujen kasvun alentuminen neljäntenä kasvukautena voi johtua sadetusjärjestelmän muuttamisesta.



Kuva 7. Kuivatusvesien sadetuksen vaikutus soistuneen kankaan (alue B) mätntyjen sädekasvuun a) alle ja b) yli 30 m etäisyydellä sadettimista.



Kuva 8. Kuivatusvesien sadetuksen vaikutus soistuneen kankaan (alue B) kuusten sädekasvuun 10–30 m ja yli 30 m etäisyydellä sadettimista.



Kuva 9. Kuivatusvesien sadetuksen vaikutus soistuneen kankaan (alue B) hieskoivujen sädekasvuun 10–50 m m etäisyydellä sadettimista.

Tulosten tarkastelu

Turvetuotantoalueen kuivatusvesien johtamisella metsään oli sekä hyviä että huonoja vaikutuksia puuston kehitykseen. Puihin kohdistuvan mekaanisen rasituksen vuoksi kaikki puut jouduttiin poistamaan noin 10 metrin etäisyydeltä sadettimista. Lisäksi puita kuoli tai sairastui 30–40 metrin etäisyydelle saakka. Enimmäkseen nämä olivat suoralle vesisuihkulle altistuneita tai notkopaikoissa kasvaneita puita.

Puulajeista eniten kärsi mänty, vähiten hieskoivu. Kuusten latvusten alaosassa neulaset muuttuivat ruskeiksi humuspitoisen veden vaikutuksesta. Suuri osa näistä haitoista on torjuttavissa korvaamalla korkeapaineiset sadettimet esim. reikäputkilla ja huolehtimalla veden tasaisesta jakaantumisesta alueelle.

Isojen mäntyjen kallistuminen kuivahkon kankaan sadetusalueella on ongelma, jonka syytä ei vielä tässä vaiheessa tunneta. Mahdollisia syitä juuristovaurioihin ovat esimerkiksi maan hapettomuus ja routiminen.

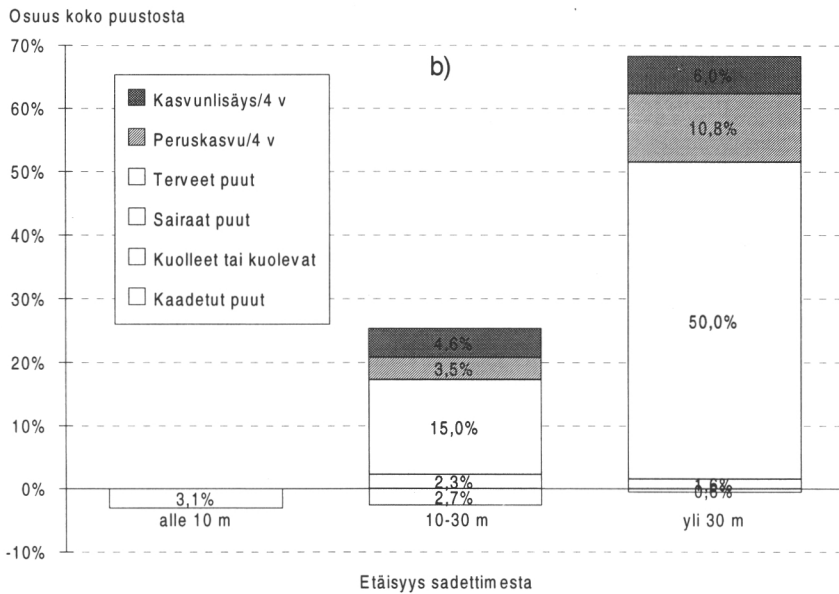
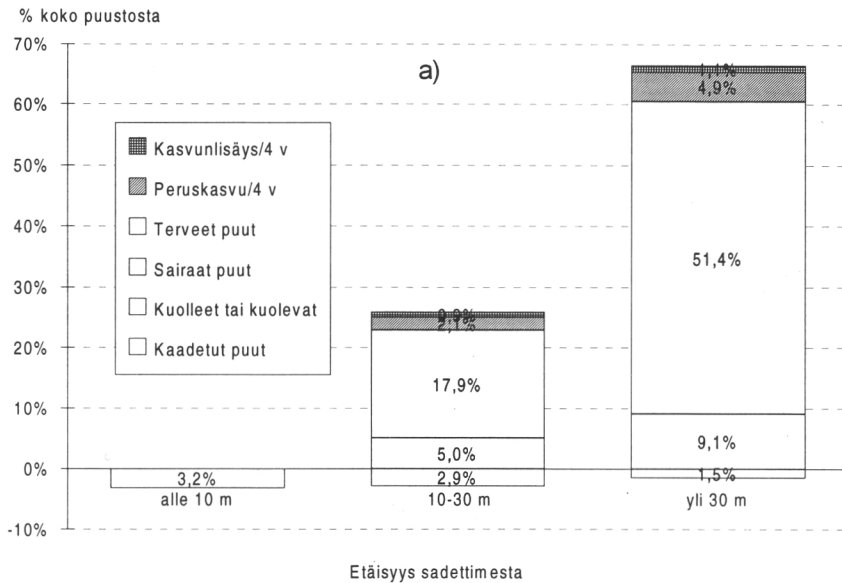
Myönteisenä vaikutuksena oli terveinä pysyneiden puiden lisääntynyt kasvu. Niiden sädekasvu 2–3-kertaistui neljän vuoden tutkimusjakson aikana sadettimien välittömässä vaikutuspiirissä. Hieskoivulla kasvun lisäystä tapahtui myös sadetun alueen ulkopuolella aina 50 metrin etäisyyteen sadettimista. Havupuille tyypillistä oli paksuuskasvun lisäyksen alkaminen vasta toisena sadetuskesänä ja kasvun kohoamisen jatkuminen mittausjakson loppuun saakka. Hieskoivulla kasvu alkoi lisääntyä välittömästi sadetuksen alettua, mutta kasvu kääntyi laskuun neljänterä kasvukautena. Eräs kasvua heikentävä tekijä on voinut olla sadetusjärjestelmän muutos reikäputkilla toimivaksi.

Sadetuksen vaikutukset eivät vielä vakiintuneet neljässä vuodessa, joten tutkimusta jatketaan. Sadetusalueen pinta-ala on tärkeää mitoittaa sellaiseksi, että metsäalueen puhdistuskyky säilyy riittävänä ja että puusto pysyy elossa ja kohtuullisen terveenä. Puuston kehityksen kannalta yhteenveto tähänastisista tuloksista on esitetty kuvassa 10. Lähtökohtana laskelmalle on se, että jokaiselle metsäalueen hehtaarille on sijoitettu yksi korkeapaineinen sadetin, josta vesi leviää tasaisesti noin 30 metrin säteellä kaikkiin suuntiin. Korkeapainesadettimien käyttämisestä ei kuitenkaan suositella niiden puustolle aiheuttaman rasituksen vuoksi. Reikäputkia käyttämällä vältetään puiden mekaaninen rasitus ja vesi voi jakautua alueelle tasaisemmin. Jos näin menetellään, on puuston kehitys esitettyä suotuisampaa.

Kuivahkon kankaan männikössä (alue A) on kuollutta, hakattua ja kuolevaa puustoa kertynyt neljässä vuodessa alle $11 \text{ m}^3/\text{ha}$. Korvaava normaalikasvun ylittävä lisäkasvu on ollut vajaa $3 \text{ m}^3/\text{ha}$, joten tappiota on tullut noin $8 \text{ m}^3/\text{ha}$. Sairaita puita on $20 \text{ m}^3/\text{ha}$, joten lisää puustotappioita on odotettavissa. Alavan, kohtalai-

sesti vettä läpäisevän sekametsän (alue B) kohdalla tulos on toisenlainen. Kuolleiden, hakattujen ja kuolevien puiden yhteenlaskettu tilavuus on neljän vuoden jälkeen 4 m³/ha, mutta sadetuksen aiheuttama lisäkasvu peräti 7 m³/ha. Vaikka kaikki sairastuneetkin puut luetaan menetetyiksi, jää lopputulos puuntuotoksen kannalta positiiviseksi.

Turvetuotantoalueen kuivatusvesien puhdistaminen onnistuu hyvin tulosten perusteella sadettamalla ne läheisiin kangasmetsiin. Pienemmällä paineella ja tasaisemmin vettä levittävä reikäputkisto on korkeapaineisia pistemäisiä sadetuslaitteita parempi vaihtoehto. Arvokkaissa, etenkin mäntyvaltaisissa tukkipuustoissa tuhoriski voi olla suuri. Isojen mäntyjen kallistuminen alueella A on selvä oire juuristossa tapahtuneista muutoksista. Maan kivisyyden takia männyt pysyvät pystyssä pääasiassa pinta- ja hienojuuristonsa varassa. Liika märkyys estää hienojuurten uusiutumista ja on jo voinut aiheuttaa paksumpien pintajuurten lahoamista (Makkonen 1997). Sopivimpia sadetuskohteita ovat tasaiset, vähintään kohtalaisesti vettä läpäisevät kangasmetsät, joissa puusto on mieluiten hieskoivun ja kuusen muodostamaa sekametsää. Mitoituskysymysten ja puuston terveydentilan kehittymisen takia tutkimusta on syytä jatkaa.



Kuva 10. Turvetuotantoalueen kuivatusvesien sadetusalueena toimivien metsäalueiden puustotaseet (m³/ha) neljän sadetuskesän jälkeen, kun mitoituksena on yksi, 30 m säteellä vettä suihkuttava sadetuslaite metsähehtaaria kohden. a) Kuivahkon kankaan (alue A) varttunut mänty-kuusi sekametsikkö. b) Soistuneen kankaan (alue B) eri-ikäinen sekametsikkö.

METSITETTYJEN SUOPELTOJEN JA VIEREISTEN SUOMETSIIEN RAVINNEMÄÄRÄT

Jyrki Hytönen ja Antti Wall

Johdanto

Laajamittainen peltojen metsitys käynnistyi Suomessa 1960-luvun lopussa ja tähän mennessä on metsitetty yli 200 000 pellohehtaaria. Käytännön pellonmetsitykset ovat tutkimusten mukaan onnistuneet suopelloilla huomoinn kautta maan kuin kivennäismaapelloilla (Kinnunen 1995). Myös pellonmetsityskokeissa taimet ovat menestyneet multa- ja turvepelloilla huomoinn kuin kivennäismaiden pelloilla (Hytönen 1995a).

Suomen pelloista (2,2 milj. ha) viidennes on eloperäisiä (turpeet, multamaat, liejut) maita (Urvas 1995). Niiden osuus on vuosien mittaan vähentynyt humuksen hajoamisen johdosta. Multapelloja oli koko maan pelloista 1980-luvulla 13 % ja varsinaisia turvepelloja puolet vähemmän. Suuri osa multamaista on syntynyt ohutturpeisista suopelloista turvekerroksen sekoittuessa kivennäismaan kanssa tai kun suopelloille on ajettu painomaata. Runsaasti orgaanista ainetta sisältävien peltojen osuus on suurin Länsi- ja Pohjois-Suomessa.

Maanviljely on muuttanut soista raivattujen peltojen kasvualustan ominaisuuksia. Viljelytoimenpiteet ovat kuluttaneet turvekerrosta ja koneet ovat tiivistäneet maan pintakerrosta (Urvas 1985). Muokkaus, toistuvat lannoitukset, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet sekä koneiden käyttö ovat vaikuttaneet maan fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Viimeisten vuosikymmenien aikana peltojen pH on noussut, ja erityisesti fosfori-, mutta myös kalium-, magnesium- ja kalsiumpitoisuudet ovat kasvaneet (Urvas 1995). Turvepeltojen viljelyssä painomaaksi kutsutun kivennäismaan käyttöä suositeltiin aiemmin yleisesti (Isotalo 1952) ja sen käyttö oli varsin tavallista turvemaiden viljelyssä Suomessa (Pessi 1953, 1962, Valmari 1983). Painomaan vaikutus maan muokkauskerroksen ravinnevaroihin ja fysikaaliseen koostumukseen on hyvin pitkäaikainen (Antinen 1957, Pessi 1960, 1961a, 1961b). Kivennäismaan määrän lisäksi sen lajitekoostumus vaikuttaa ravinteiden määrään (Takala 1961, Pessi 1961b, 1961c, Wall & Hytönen 1996).

Metsänkasvatuksen kannalta on oleellista tuntea maanviljelyn aikaansaamat muutokset maan ravinnetilassa. Peltojen ravinnetilan arviointi maastossa on vaikeaa, sillä pintakasvillisuuteen perustuva metsätyypiluokitus sopii metsitettyjen peltojen kasvillisuuteen varsin huonosti. Turvepeltojen ravinnetilan arvioimiseksi on ehdotettu metsitettävää peltoa ympäröivien suometsien ravinnetilan tarkastelua (Hynönen 1992). Viereisten suometsien informaatioarvo metsitetyn pellon ravinnetilan kuvastajana kuitenkin heikkenee, jos maanviljelytoimenpiteet (esim. painomaan käyttö) ovat voimakkaasti muuttaneet maan ominaisuuksia (Wall & Hytönen 1996). Toisaalta myös pelloilta on mahdollista tunnistaa alkuperäisen suon trofia useiden ravinteiden osalta, vaikka maanviljely onkin kohottanut ravinteiden pitoisuuksia (Urvas 1985).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää metsitettyjen turvepeltojen ja niihin rajoittuvien samantyyppisten soiden ravinnemäärien eroja. Tavoitteena oli tutkia mitä maanviljely on vaikuttanut suon ravinnemääriin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohteet valittiin Pohjanmaalla sijaitsevilta Metlan pellonmetsityskokeilta (Ferm ym. 1993) ja käytännön pellonmetsitysaloilta (Hytönen & Ekola 1993) (taulukko 1). Vertailuaineiston muodostivat peltoihin rajoittuvat suometsät. Kohteen valinnan pääkriteeri oli se, että metsitetyn pellon voitiin olettaa raivatun siihen rajoittuvasta puustoisesta suosta. Kaikilla valituilla viidellä kohteella turvekerroksen paksuus sekä pellolla että suolla oli vähintään 40 cm.

Maanäytteet otettiin näytealoilta, jotka sijoitettiin kohtisuoraan linjaan metsitetyn pellon ja metsän välissä kulkevaan ojaan nähden siten, että kaksi näytealaa sijaitsi metsitetyllä pellolla ja kaksi metsän puolella 10 ja 30 m:n etäisyydellä metsän ja pellon välisestä ojasta. Maanäytteet koostettiin kolmesta määrätilavuudesta (292 cm³) osanäytteestä, jotka otettiin kerroksista 0–5, 5–10, 10–20, 20–30 ja 30–40 cm.

Näytteen tuhkapitoisuus määritettiin hehkutushäviönä ja tiheys laskettiin kuivamassan (70 °C) ja tuoretilavuuden suhdelukuna. Kuivattujen maanäytteiden pH (vesi) ja kokonaistyyppi (Kjeldahl) määritettiin. Muista ravinteista (fosfori, kalium, kalsium, magnesium, mangaani, rauta, ja sinkki) määritettiin ns. kokonaispitoisuudet (tuhkan suolahappouutos) ja uuttuvat pitoisuudet (hapan ammoniumasettaattiuutto). Boori määritettiin H₃PO₄-H₂SO₄-uutoksesta (Halonen ym. 1983). Ravinteiden määrät esitetään kokonaismäärinä (kg/ha) 20 cm:n paksuisissa maakerroksissa. Kolmella pellolla todettiin käytetyn maanparannusaineena painomaata.

Varianssianalyysillä ja Dunnetin testeillä tutkittiin suometsien ja peltojen ravinnemäärien erojen tilastollista merkitsevyyttä.

Taulukko 1. Tutkimuskohteiden yleistiedot.

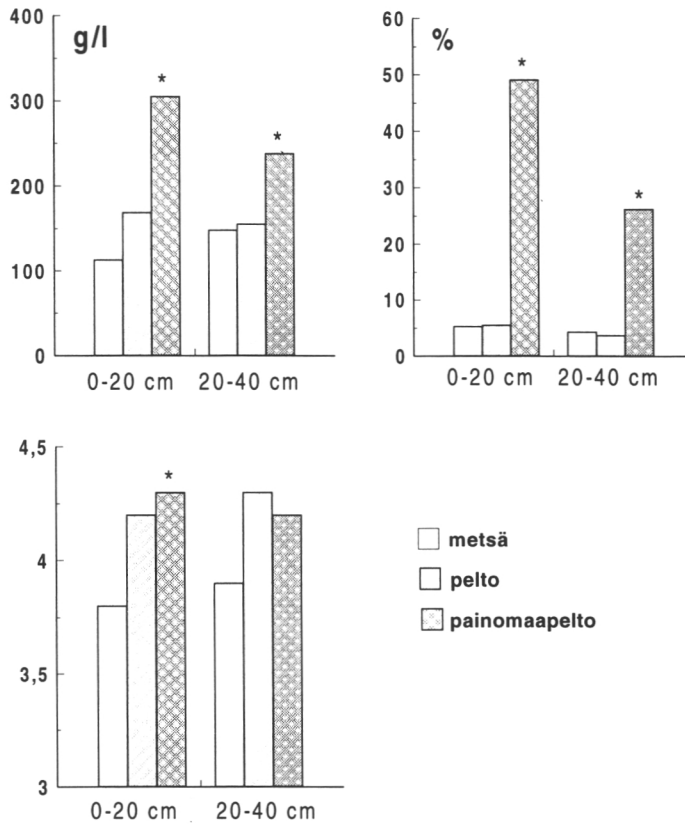
Tutkimus- kohde	Turvepaksuus, cm	Metsitys- vuosi	Peltokäyttö	Viereisen metsän suotyyppi
Kyyjärvi	40	1990	peltoheittona yli 20 vuotta	Ptkg
Pedersöre	40	1990	pakettipeltona 15 vuotta	Mutg
Töysä	80	1990	kaurapeltona vuoteen 1988 asti	Ptkg
Ylivieska	40	1972	–	
Alavus	50	1990	pakettipeltona yli 20 vuotta	Ptkg

Tulokset

Metsitettyjen peltomaiden muokkauskerroksen (0–20 cm) tiheys oli viereisiin suometsiin verrattuna keskimäärin puolitoistakertainen, jos painomaata ei ollut käytetty ja kolminkertainen mikäli maanparannusaineena oli käytetty kivennäismaata (kuva 1). Muokkauskerroksen alapuolella (20–40 cm) maan tiheyserot olivat pienempiä, mutta painomaapelloilla tiheys oli edelleen merkitsevästi suurempi.

Painomaapeltojen muokkauskerroksen tuhkapitoisuus (49 %) oli selvästi korkeampi kuin peltojen, joissa painomaata ei ollut käytetty (tuhkapitoisuus 6 %). Ero suometsiin oli tilastollisesti merkitsevä myös muokkauskerroksen alapuolella. Suometsien turpeen tuhkapitoisuus oli 0–20 cm:n syvyydellä keskimäärin 5 % ja 20–40 cm:n syvyydellä 4 %.

Metsitettyjen peltojen pH oli keskimäärin 4,3 syvyydellä 0–40 cm. Soiden happamuusluku oli 0,5 pH-yksikköä alhaisempi.

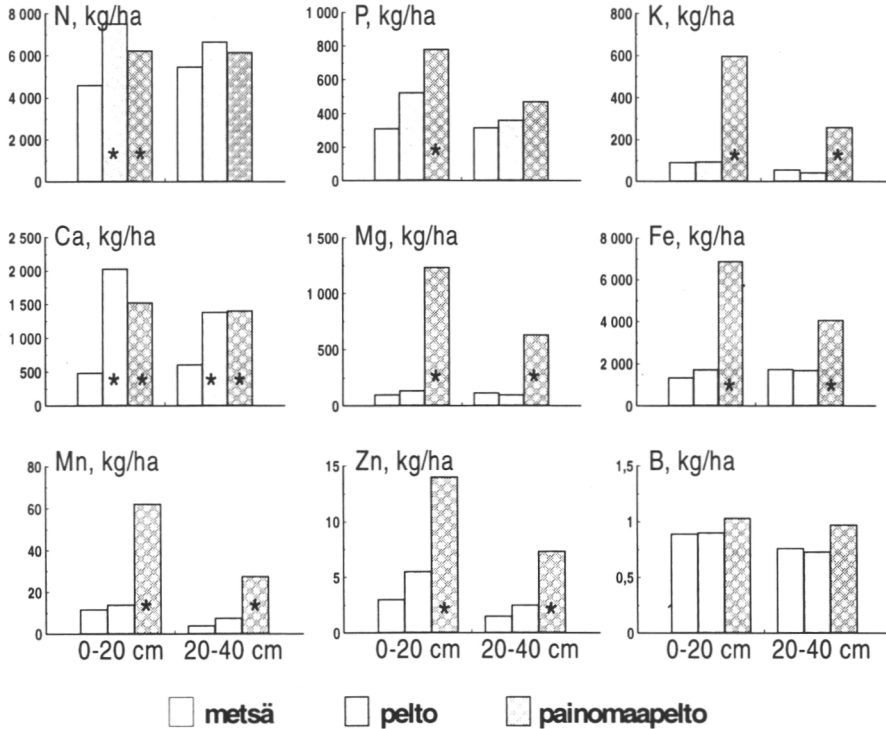


Kuva 1. Turvepeltojen ja niihin rajoittuvien suometsien maan tiheys (g/l), tuhkapitoisuus (%) ja happamuus (pH) maan pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm). Tähdet pylväiden päällä osoittavat kussakin kerroksessa tilastollisesti merkitsevän eron (Dunnetin testi, $p < 0,05$) suometsiin verrattuna.

Maanviljelyksen vaikutus näkyi muokkauskerroksen kohonneina kokonaisravinnemäärinä erityisesti kun pellolla oli käytetty maanparannusaineena painomaata (kuva 2). Viljely oli vaikuttanut booria lukuunottamatta kaikkien tutkittujen ravinteiden määriin. Maanviljely ilman painomaata lisäsi eniten turpeen kokonaistypen, -fosforin, -kalsiumin, -raudan ja -sinkin määrää. Pelloilla turpeen typen ja kalsiumin määrät olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin suometsistä. Pellon muokkauskerroksessa typpi- ja fosforimäärät olivat puolitoistakertaiset ja kalsiummäärät nelinkertaiset viereisiin suometsiin verrattuna.

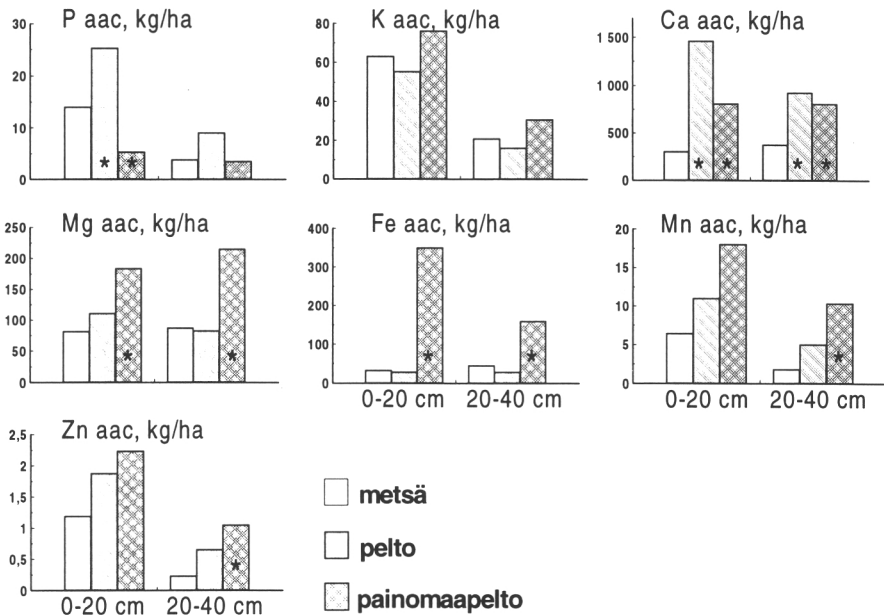
Painomaan käyttö maanparannusaineena lisäsi maan fosforin määrää hieman ja kaliumin, magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin kokonaismäärää runsaasti. Suometsään verrattuna painomaapeltojen muokkauskerroksessa oli kaliumia 6,5-, magnesiumia 12-, mangaania 6- ja sinkkiä 4,6-kertaisesti.

Syvemmillä 20–40 cm:n syvyydessä maanviljelyn vaikutus kokonaisravinnemääriin oli pienempi kuin muokkauskerroksessa. Pelloilla oli kalsiumia ja painomaapelloilla lisäksi kaliumia, magnesiumia, rautaa, mangaania ja sinkkiä hieman enemmän kuin suometsissä (kuva 2).



Kuva 2. Ravinteiden kokonaismäärät maan pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm) suometsissä ja pelloilla. Tähdet pylväiden sisällä osoittavat kussakin kerroksessa tilastollisesti merkitsevän eron (Dunnetin testi, $p < 0,05$) suometsään verrattuna.

Maanviljely ilman painomaata lisäsi erityisesti muokkauskerroksen uuttuvan fosforin ja kalsiumin määrää (kuva 3). Maanviljely lisäsi muokkauskerroksen uuttuvan kalsiumin määrän kaksin-kolminkertaiseksi suometsään verrattuna. Painomaan käyttö laski huomattavasti uuttuvan fosforin määrää, mutta lisäsi muokkauskerroksen magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin määriä. Muokkauskerroksen alapuolella erot metsän ja pellon välillä olivat pienempiä. Kuitenkin kalsiumin sekä painomaapelloilla myös mangesiumin, raudan, mangaanin ja sinkin määrät olivat muokkauskerroksen alapuolella korkeammat kuin suometsissä.



Kuva 3. Happamaan ammoniumasetattiin uuttuvien ravinteiden määrät suometsien ja peltojen pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm). Tähdet pylväiden sisällä osoittavat kussakin kerroksessa tilastollisesti merkitsevän eron (Dunnetin testi, $p < 0,05$) suometsään verrattuna.

Tulosten tarkastelu

Maastotarkasteluin pyrittiin löytämään kohteita, joissa pelto oli raivattu siihen rajoittuvasta suosta. Kohteiden alkuperäinen samankaltaisuus lienee toteutunut verrattain hyvin. Tähän vaikutti myös se, että näytteenotto kohtien välinen etäisyys oli varsin pieni. Toisaalta pellolta on muokkausten yhteydessä voinut kulkeutua ravinteita myös viereiseen metsään. Tuloksia arvioitaessa on muistettava, että osa kohteista oli ollut viljelystä poissa jo pitkään ennen metsitystä. Peltojen pH on noussut ja ravinnepitoisuudet ovat kasvaneet huomattavasti viime vuosikymmenen aikana (Urvas 1995). Tutkitut pellot olivat sijainniltaan syrjäisiä, joten niiden viljely on saattanut olla myös vähemmän intensiivistä kuin muiden peltojen. Tämä on voinut pienentää eroa suon ja pellon välillä.

Maanviljely oli muuttanut huomattavasti kasvualustan pintakerroksen ominaisuuksia. Pintaturpeen tiheyden kohoaminen maanviljelyn johdosta lienee seurausta turpeen tiivistymisestä ja lisääntyneestä maatumisesta. Turvellidoilla yleisesti käytetty painomaa lisäsi turpeen tiheyttä erityisen selvästi (Wall & Hytönen 1996). Suometsien turpeiden tuhkapitoisuudet olivat samantasoiset kuin Westmanin (1981) tutkimuksessa. Maanviljely oli kohottanut suon tuhkapitoi-

suutta vain vähän kun painomaata ei ollut käytetty. Annostuksesta riippuen painomaa moninkertaistaa turpeen tuhkapitoisuuden (Pessi 1961a, Wall & Hytönen 1996). Tuhkapitoisuuden perusteella arvioituna painomaata oli kulkeutunut jonkin verran myös muokkauskerroksen alapuolellekin. Maanviljely oli kohottanut suon pH:ta saman verran kuin Urvaksen (1985) tutkimuksessa. Tutkitujen peltojen keskimääräistä huonompaa viljelyn tasoa saattaa osoittaa se, että niiden pH oli keskimäärin 4,3 kun se Urvaksen (1985) tutkimilla pelloilla Etelä-Pohjanmaan ja Oulun maatalouskeskusten alueilla oli 1980-luvun alkupuolella yli 5 (Kähäri ym. 1987).

Vertailukohteina käytettyjen suometsien turpeen tiheys sekä typen, magnesiumin, sinkin ja mangaanin kokonaismäärät olivat samantasoiset, mutta kokonaisfosforin ja -boorin määrät hieman korkeammat ja kokonaiskaliumin määrä yhdessä metsässä selvästi korkeampi kuin vanhoilla ojitusalueilla (Kaunisto & Paavilainen 1988, Laiho & Laine 1994). Kalsiumin kokonaismäärä metsissä oli puolestaan Kauniston ja Paavilaisen (1988) esittämän vaihteluvälin (500 - 1800 kg/ha) alarajoilla ja osin sitäkin alhaisempi (330–620 kg/ha).

Maanviljelyn seurauksena lisääntynyt typen kokonaismäärä muokkauskerroksessa johtunee turpeen tiheyden kasvusta ja lisääntyneestä maatumisesta. Syvemmillä turpeessa peltojen ja metsien turpeen typen määrässä ei ollut suuria eroja. Vastaava kokonaisfosforin määrän lisäys voi johtua turpeen tiheyden kasvusta ja lannoitefosforin sitoutumisesta turpeeseen. Painomaan on aiemminkin havaittu lisäävän jonkin verran myös kokonaisfosforin määrää, mutta samalla laskevan uuttuvan fosforin määrää (Wall & Hytönen 1996). Uuttuvan fosforin osuus kokonaisfosforin määrästä oli painomaapelloilla 0,4–1,1 %, kun se muilla pelloilla ja metsissä oli moninkertainen.

Pelkkä viljely (ei painomaata) lisäsi turpeen muokkauskerroksen kokonaiskaliumin määrää vain vähän (5–19 kg/ha). Painomaan käytön kaliumin määrää lisäävä vaikutus oli sen sijaan erittäin selvä (lisäys 189–988 kg/ha) kuten aiemmassakin tutkimuksessa (Wall & Hytönen 1996). Peltoja oli todennäköisesti lannoitettu kaliumilla, vaikka maan kaliumin määrä ei ilman painomaata lisääntyneenkään. Lannoitekaliumista osa on voinut huuhtoutua syvempiin kerroksiin, sillä kalium pidättyy huonosti turpeeseen. Painomaan käyttö laski uuttuvan kaliumin ja kokonaiskaliumin määrien suhdetta.

Tutkimuksen tulosten mukaan suon ottaminen maatalouskäyttöön muuttaa erityisesti pintaturpeen ominaisuuksia huomattavasti. Merkittävin muutoksiin vaikuttanut tekijä on ollut painomaan käyttö. Viljely ilman painomaata lisää turpeen tiheyttä, pH:ta sekä kokonaistypen, -fosforin, -kalsiumin ja -raudan määrää. Pelloilla kokonaiskalsiumin moninkertaiset määrät metsiin verrattuna johtuvat luonnollisesti peltojen kalkituksista. Lannoituksessa annettu fosfori on ilmeisesti pidättynyt turpeeseen, mutta kaliumlannoituksen vaikutus ei enää analyysissä näy. Painomaa lisää huomattavasti pellon muokkauskerroksen tiheyttä, tuhka-

toisuutta, hieman fosforin, erittäin paljon kaliumin, magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin kokonaismääriä. Kivennäisaineen määrä on selittänyt hyvin (80 %) turvepeltojen sinkin määrää muokkauskerroksessa (Wall & Hytönen 1996). On huomattava, että pelkkä viljely tai lisäksi painomaan käyttö eivät näytä juurikaan lisäävän boorin määrää (myös Wall & Hytönen 1996). Maan tiheys tai orgaanisen aineen määrä selittivät maan boorin määrän vaihtelusta vain 1-4 % (Kaunisto 1981), mikä myös viittaa painomaan vähäiseen vaikutukseen.

Päätelmiä

Tulokset korostavat painomaan käytön selvityksen tarpeellisuutta peltojen metsityksessä ja vahvistavat käsitystä siitä, että ympäröiviä suometsiä tarkastelemalla ei voida tehdä päätelmiä painomaapeltojen ravinnetaloudesta. Ilman painomaankin käyttöä viljely on muuttanut maan ravinnetaloutta selvästi. Koska pelkkä viljely ei näytä lisäävän kaliumin määrää, sen riittävyttä on tarkkailtava, sillä osalla turvepelloista on tavattu kaliumin puutosta (esim. Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995b, Hytönen & Pietiläinen 1995). Turvepelloilla riski ravinneperäisten kasvuhäiriöiden esiintymiseen näyttäisi olevan huomattavasti suurempi kuin suometsissä, koska kalkitus on voinut heikentää puiden boorin saantia (Lipas 1990, Lehto & Mälkönen 1994) ja koska pelloilla on runsaasti typeä muihin ravinteisiin nähden (esim. Raitio & Rantala 1977, Raitio 1979, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen & Pietiläinen 1995). Peltojen metsitysalueilla onkin tavattu yleisesti ravinneperäisiä kasvuhäiriöitä (Valtanen 1991, Hynönen 1992, Hytönen 1991, Hytönen & Ekola 1993).

Tutkittuja peltoja oli viimeksi viljelty n. 15–20 vuotta ennen metsitystä ja syrjäisestä sijainnista johtuen viljely oli luultavasti ollut normaalia heikompaa. Nykyisin suoraan viljelystä metsitykseen tulevat pellot luultavasti eroaisivat vielä selkeämmin suometsistä kuin tämän tutkimuksen pellot. Maatalousviljelyn aiheuttamat muutokset turpeen fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa näyttävät olevan niin suuria, ettei kasvupaikan alkuperäinen ravinnetila tai kasvupaikatyyppi palautune pitkänkään ajan kuluessa.

Kirjallisuus

- Anttinen, O. 1957. Rahkasuon lannoitus- ja maanparannuskokeen tuloksia. Referat: Ergebnissen eines Düngungs- und Bodenverbesserungsversuches auf Sphagnum-Moor. Valtion maatalouskoetöiminnan julkaisuja 155: 1–30.
- Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121. 28 s.
- Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvamaapeltojen metsittämiseen. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 181 s.
- Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. *Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 391: 22–28.
- Hytönen, J. 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysalueilla. *Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 12–23.
- Hytönen, J. 1995b. Turvepeltojen mäntytaimikoiden lannoituskokeiden tuloksia Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalta. *Julkaisussa: Nurmi, J. & Heino, E. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kalajoella 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 570: 46–53.
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. *Folia Forestalia* 822. 32 s.
- Hytönen, J. & Pietiläinen, P. 1995. Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi. *Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 149–164.
- Isotalo, A. 1952. Rakkasoiden viljelystä. Summary: Cultivation of Sphagnum peat. *Suo* 2: 13–16.
- Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields of Alkkia. *Folia Forestalia* 778. 32 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusaloilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Kähäri, J., Mäntylähti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1984. *Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki.* 105 s.
- Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. *Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 53–62.
- Laiho, R. & Laine, J. 1994. Nitrogen and phosphorus stores in peatlands drained for forestry in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9:251–260.
- Lehto, T. & Mälkönen, E. 1994. Effects of timing and boron fertilization on boron uptake of *Picea abies*. *Plant and Soil* 163: 55–64.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikoissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 352. 22 s.
- Pessi, Y. 1953. Kivennäismaan vaikutuksesta suoviljelyksen lämpöoloihin. Summary: On the influence of mineral soil upon the temperature on the cultivated peat area. *Suo* 4(6): 67–60.
- Pessi, Y. 1960. Kivennäismaan merkityksestä mutasuon maanparannusaineena Leteensuon koemasen pitkäaikaisten kentäkokeiden perusteella. Summary: On the significance of mineral soil as a soil improving agent on fens on the

- basis of prolonged tests at Leteensuu Experimental Station. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 95(3): 1–26.
- Pessi, Y. 1961a. The ash content of the plough layer of peat lands cultivated by different methods. Maataloustieteellinen aikakauskirja 33: 215–222.
- Pessi, Y. 1961b. Results from a soil improvement and fertilizing test on fen land at Leteensuu. Selostus: Mutasuon maanparannus- ja lannoituskokeen tuloksia Leteensuolta. Maataloustieteellinen aikakauskirja 33: 223–228.
- Pessi, Y. 1961c. Suoviljelyksen niittonurmen perustamisesta ja hoidosta. Summary: Observations at Leteensuu on the laying down to grass of peat lands and on the tending of the grass leys. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 97(2): 1–28.
- Pessi, Y. 1962. Rahkasoiden viljelystä. Summary: On plant cultivation on Sphagnum bog. Suoviljely-yhdistyksen vuosikirja 67: 21–26.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. Folia Forestalia 412. 16 s.
- Raitio, H. & Rantala, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Communicationes Instituti Forestalis Fennicae 91(1). 30 s.
- Takala, M. 1961. Erilaisten maanparannusaineiden vaikutuksesta mutasuolla. Summary: On the effects of the various kinds of soil improving agents of fen. Suoviljely-yhdistyksen vuosikirja 65: 23–27.
- Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuksiin. Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soils. Suo 36(3): 61–64.
- Urvas, L. 1995. Suomen peltojen maalajit, ravinnetaso ja maaluokitus. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 123–132.
- Valmari, A. 1983. Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s. 42–48.
- Valtanan, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.
- Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvPELLON ravinnemääriin. Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peat fields. Suo 47(3): 78–83.
- Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnuksukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

MÄNTYTAIMIKON PERKAUSTAPA

Eero Kubin ja Pentti Savilampi

1 Johdanto

Taimikon käsittelytavat ovat perkaus, harvennus ja tasaus. Vuokilan (1972, 1980) mukaan perkaus on pääpuulajia haittaavan vieraan puulajin poistamista, harvennus pääpuulajin tiheyttä säätelevää käsittelyä ja tasaus taimikon pituusvaihtelun tietoista vähentämistä. Metsäkeskus Tapion julkaisemissa metsänhoitosuosituksissa (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) perkaus määritellään toimenpiteeksi, jossa poistetaan vakiintumista haittaava vesakko ja harvennus puulajisuhteiden ohjaamiseksi haluttuun suuntaan. Sekä perkauksessa että harvennuksessa säilytetään metsikön terveyttä edistävä puulajisekoitus ja taimikon kehittymistä haittaamattomat lehtipuut. Vastaavasti myös UPM-Kymmene (Metsän uudistaminen 1996) ohjeet korostavat kasvatettavia taimia haittaavien lehtipuiden poistamista ja liiallisen tiheyden vähentämistä. Perkaus olisi tehtävä erillisenä työvaiheena ennen harvennusta vain silloin, kun se on taimikon kehityksen kannalta välttämätöntä (Kalland 1997, Hokajärvi 1997). Mäntytaimikossa koivun laatua parantava vaikutus on merkittävä. Uudistamisen tuloksena saadun taimikon tulusikin täyttää samanaikaisesti ekologiset, puuntuotannolliset ja maisemalliset vaatimukset (Nygren ym. 1997).

Taimikon käsittelyssä on perkauksen ajoittamisella keskeinen merkitys. Ongelmallisimpia ovat luontaisesti syntyneet ja kylvötaimikot (Vuokila 1972). Näissä liiallinen tiheys johtaa helposti riukuuntumiseen, jota myöhemmin on vaikea korjata. Perkauksen vaikutus onkin todettu selvimmin taimien paksuuskasvussa (Jakila & Pohtila 1978, Valtanen 1982, Kubin & Savilampi 1996). Männyn taimien keskiläpimitan kasvu (Varmola 1996, Uusvaara & Saukkonen 1997) on sitä suurempi, mitä voimakkaammin ja mitä aikaisemmin taimikko on harvennettu. Harvana kasvanut taimikko on paksuoksaista ja myöhemmin sahapuuna huonolaatuista. Taimikon tiheyden säätelyssä onkin luontaisilla lehtipuilla viljelytaimikoissa keskeinen merkitys. Kuitenkin se, miten käyttökelpoinen lehtipuu saadaan eri kasvupaikoille ja miten taimikonhoito toteutetaan, on vielä puutteellisesti tutkittu.

Taimikon hoidossa on nykyisin keskeistä sekataimikoiden aikaansaaminen. Sopiva lehtipuusekoitus on myös ekologisesti perusteltua mm. happamuutta vähentävän lehtikarikkeen ansiota (Lundmark 1988), varsinkin kun sekametsän puuntuotos ei ole puhdasta männikköä pienempi (Mielikäinen 1990).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan perkaustavan vaikutusta männyn istutus- ja kylvötaimikon kehitykseen, sekä esitetään tuloksia perkaustavan vaikutuksesta tuotokseen taimikoiden lähennellessä ensiharvennusvaihetta. Lisäksi selvitetään perkausten ajoittamisen vaikutusta taimikon alkukehitykseen. Tutkimus tuottaa uutta tietoa lehtipuusekoitteisen männyntaimikon kasvattamiseen.

2 Aineisto ja menetelmä

Perkaustavan vaikutusta männyn istutustaimikon kehitykseen tutkittiin Kuhmon Teerikankaalla (taulukko 1, kuva 1). Alue avohakattiin 1969–70, laikutettiin vuonna 1971 ja istutettiin paljasjuurisilla taimilla (2 000 kpl/ha) keväällä 1972. Ensimmäinen taimikon perkaus tehtiin vuonna 1977. Kaikki edellä mainitut työt tehtiin ennen kokeen perustamista Metsähallituksen metsien hoidossa käytössä olleiden ohjeiden mukaisesti.

Taulukko 1. Männyn perkaustapakokeiden (1 ja 2) ja perkausajankohtakokeen (3) perustietoja.

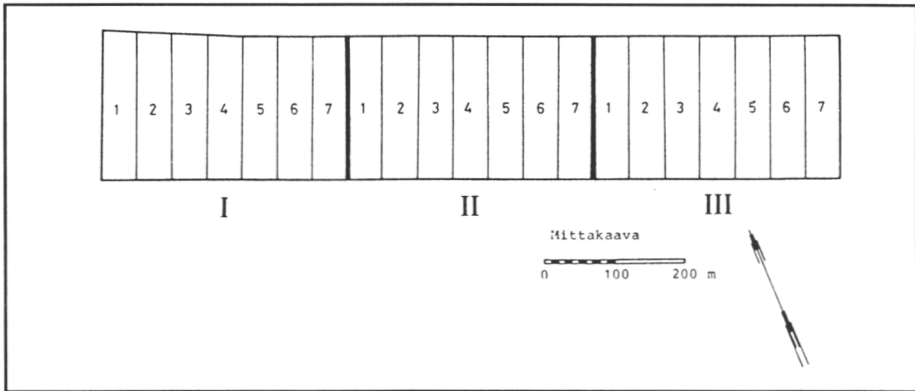
Koekenttä	Nro	Sijainti N	E	Korkeus, m mpy	Lämpö- summa, d.d.	Pinta- ala, ha	Viljelytapa- ja vuosi	Perkaus- vuosi	Inventointi- vuosi
Kuhmo, Teerikangas	1	64°2'	29°24'	200	970	21	Istutus 1972	1984	1985,1995
Paltamo, Kivesvaara	2	64°28'	27°33'	150-210	990	6,7	Kylvö 1975	1984	1984,1996
Kuusamo, Juhtilampi	3	66°20'	29°36'	235-250	790	10	Istutus 1981	1987–1992	1987,1995

Koe perustettiin vuonna 1984. Käsittelyinä oli 7 erilaista perkaustapaa kolmena toistona (kuva 1). Käytännön mukainen perkaus tehtiin runkolukuun 2 000 kpl/ha, jossa koivua hyväksyttiin vain täydennykseksi. Katkaisuperkauksessa lehtipuut katkaistiin puolivälistä männyn pituutta yhden metrin säteellä männystä. Katkaisuperkauksessa ja tasauksessa säteen ulkopuolelle jäävä lehtipuusto tassaattiin mäntyjä kolmasosaa lyhyemmäksi sekä lisäksi harvennettiin runkolukuun 4 000 ja 8 000 kpl/ha. Tavoitetiheyksiin ei aina ylletty taimien vähyyden vuoksi. Perkaamaton vaihtoehto sisältyi koejäsentelyyn samoin kuin käytännön tavoin kaksinkertaiseen tiheyteen (4 000 kpl/ha) tehty perkaus.

Taimikohtainen inventointi tehtiin jokaiselle ruudulle systemaattisesti sijoitetulta neljältä ympyräkoelalta keväällä 1985 ja se uusittiin vuonna 1995. Männyntaimet mitattiin 5 metrin ja lehtipuut 4 metrin säteeltä. Lehtipuiden koepuut mitattiin kuitenkin vain koelatan neljännekseltä. Ympyräkoelajen systemaattinen sijoitta-

minen ja vähäinen lukumäärä näkyi viljelytaimien suurena koeruutukohtaisena vaihteluna.

Viljely- ja luontaiset taimet luokiteltiin kehityskelpoisiin ja -kelvottomiin. Yksittäisen taimen kehityskelpoisuuden kriteereinä pidettiin sen elinvoimaisuutta, kokoa ja käytettävissä olevaa kasvutilaa (Kinnunen & Nerg 1983). Kehityskelpoista taimista mitattiin pituus, rinnankorkeusläpimitta, paksuimman elävän ja kuolleen oksan läpimitta sekä niiden korkeudet maasta. Valtapituus mitattiin ympyräkoelan paksuimmasta puusta.

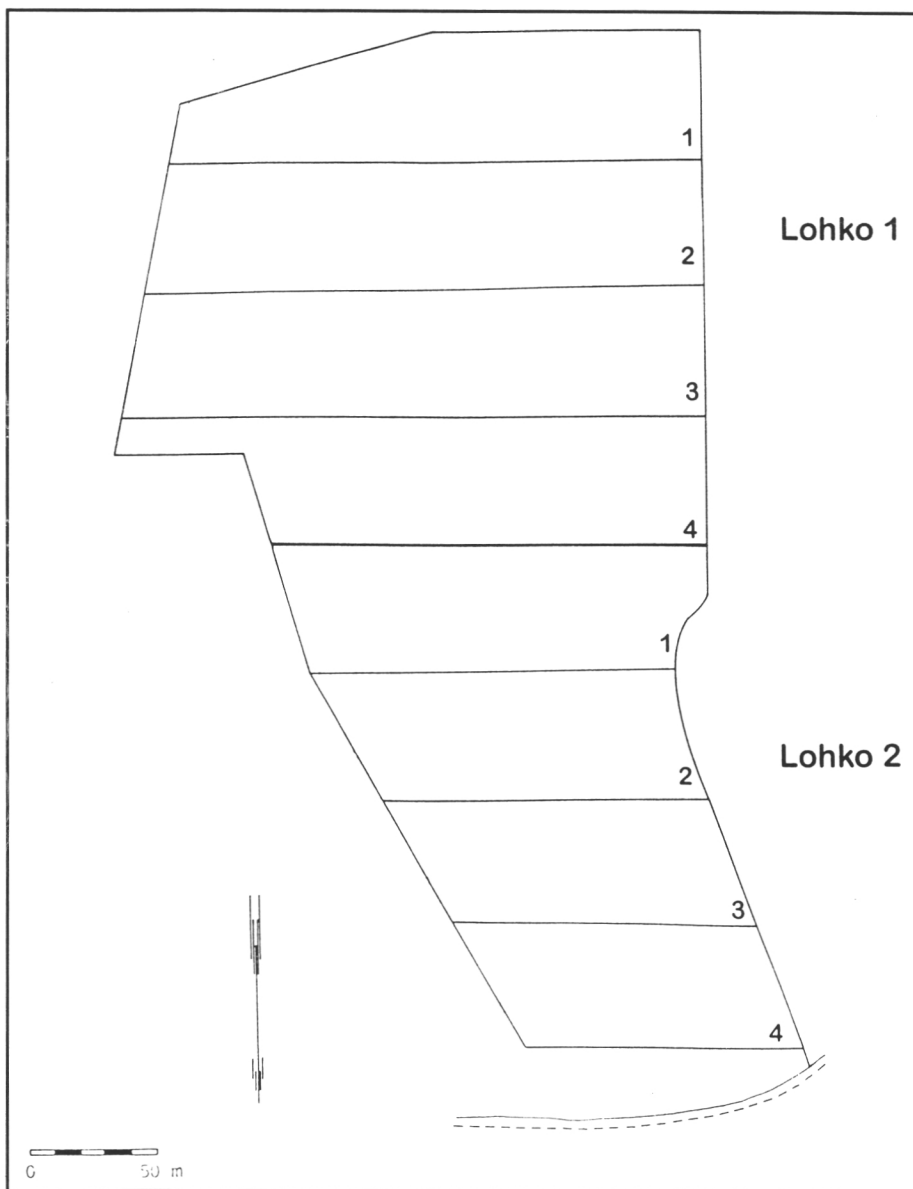


Kuva 1. Männyn istutustaimikon perkaustapatutkimuksen koekenttä Kuhmon Teerikankaalla. 1 = ei hoitotöitä, 2 = normaali perkaus, 3 = katkaisuperkaus, 4 = katkaisuperkaus ja tasaus, 5 = katkaisuperkaus, tasaus ja harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha, 6 = kuin edellä, mutta harvennus tiheyteen 8 000 kpl/ha, 7 = harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha. Yksittäisen koeruudun pinta-ala 1 ha.

Paltamon Kivesvaarassa tutkittiin männyn kylvötaimikon perkaustapaa (taulukko 1). Maanmuokkaus tehtiin auraamalla vuonna 1974 ja kylvä vuotta myöhemmin. Koealat rajattiin syksyllä 1984 kahtena lohkona, joissa käsittelyinä oli neljä erilaista perkaustapaa (kuva 2).

Taimet laskettiin perkaustyön jälkeen syksyllä 1984 puulajeittain pituusluokissa 0,3–1,3 ja >1,3 m. Männystä ja kasvatettavista koivuista mitattiin suuntä, etäisyys, pituus ja yli 1,3 m pitkistä taimista läpimitta. Systemaattisesti sijoitettuja ympyräkoaloja ($r = 4,0$ m) oli jokaisella ruudulla viisi.

Syksyllä 1996 mitattiin vain yli 1,3 metrin pituiset taimet, jotka luokiteltiin kasvutilan, elinvoimaisuuden ja koon perusteella kasvatuskelpoisiin ja -kelvottomiin. Männystä ja kasvatettavista koivuista mitattiin samat tiedot kuin edellisessä inventoinnissakin. Kylvötaimista mitattiin lisäksi paksuimman elävän ja kuolleen oksan läpimitta sekä korkeus maasta.

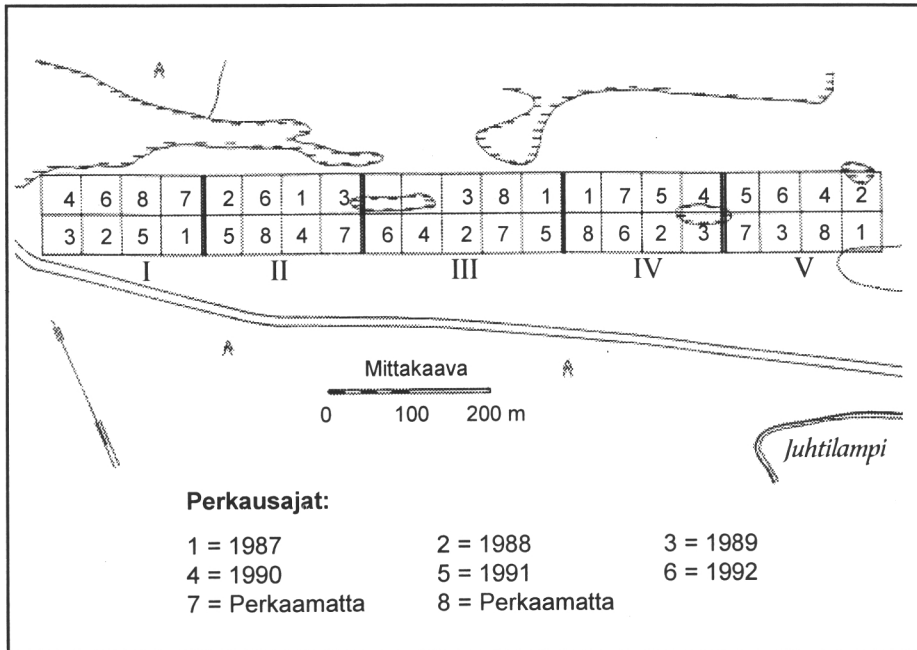


Kuva 2. Männyn kylvötaimikon perkaustapatutkimuksen koekenttä Paltamon Kivesvaarassa. 1 = ei hoitotöitä, 2 = käytännön mukainen, 3 = reikäperkaus + lehtipuun harvennus, 4 = reikäperkaus. Reikäperkauksessa lehtipuut poistettiin metrin säteeltä männyn taimista.

Kuusamon Juhtivaaran perkausajankohtakokeella (taulukko 1) perkauksia tehtiin kuutena peräkkäisenä vuotena. Jokaisella lohkollla (5 kpl) on käsiteltyjen ruutujen lisäksi kaksi käsittelemätöntä ruutua (kuva 3). Koe perustettiin vuonna 1987, jolloin viljelytaimien keskipituus oli 60 cm. Maanmuokkaus on tehty auramalla vuonna 1980 ja männyn istutus vuotta myöhemmin.

Ensimmäisessä inventoinnissa männytäimet laskettiin 5 m:n säteellä. Taimista mitattiin pituus, alin elävä oksa, alin kuollut oksa, paksuimman elävän oksan paksuus, paksuimman kuolleen oksan paksuus sekä viimeksi mainituista myös korkeus maasta. Lehtipuut laskettiin 4 metrin säteellä kokoluokissa <0,3 m, 0,3–1,3 m ja >1,3 m, joista viimeksi mainituista mitattiin pituus.

Kahdeksan vuotta myöhemmin männyn taimista mitattiin edellisten tunnusten lisäksi rinnankorkeusläpimitta. Yli 1,3 metrin pituisista koivuista laskettiin kasvatuskelpoisten taimien osuus.



Kuva 3. Männyn istutustaimikon perkausajankohtatutkimuksen koekenttä Kuusamon Juhtivaarassa.

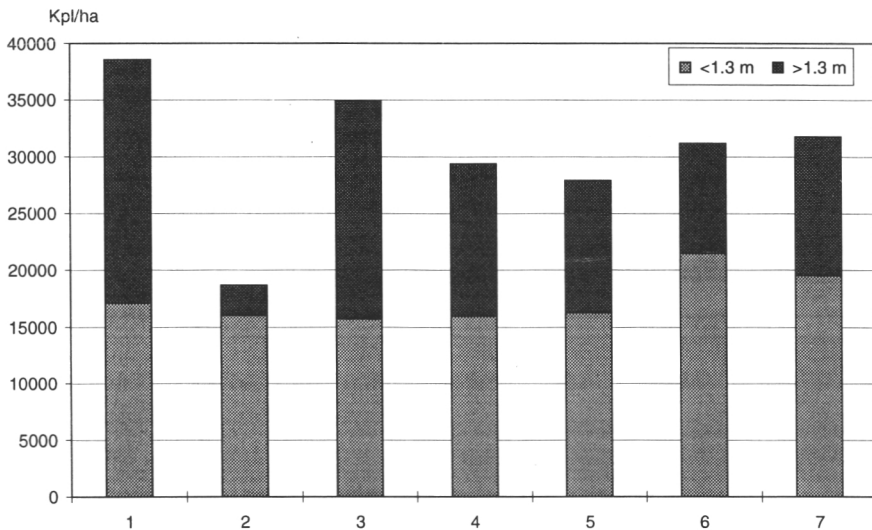
3 Tulokset

3.1 Istutustaimikon perkaustapa (Kuhmo, Teerikangas)

3.1.1 Luontaisesti syntyneet taimet

Perkauksen jälkeen lehtipuiden lukumäärä vaihteli koelasta riippuen välillä 18 700–38 600 kpl/ha. Eniten taimia oli perkaamattomalla alalla ja vähiten siellä, missä perkaus tehtiin voimassa olleiden suositusten mukaan (kuva 4). Yli 1,3 m pitkiä taimia oli eniten hoitamattomalla alalla, 21 000 kpl/ha, ja niiden keskipituus oli 2,5 m. Vastaavat luvut käytännön ohjeen mukaan peratulla alalla olivat 2 600 kpl/ha ja 2,9 m. Perkaamattoman alan lehtipuista 66 % oli hieskoivua. Rauduskoivua oli vähän, vain 1 % lehtipuiden runkoluvusta. Myös kuusia oli vähän, koelasta riippuen 165–430 kpl/ha.

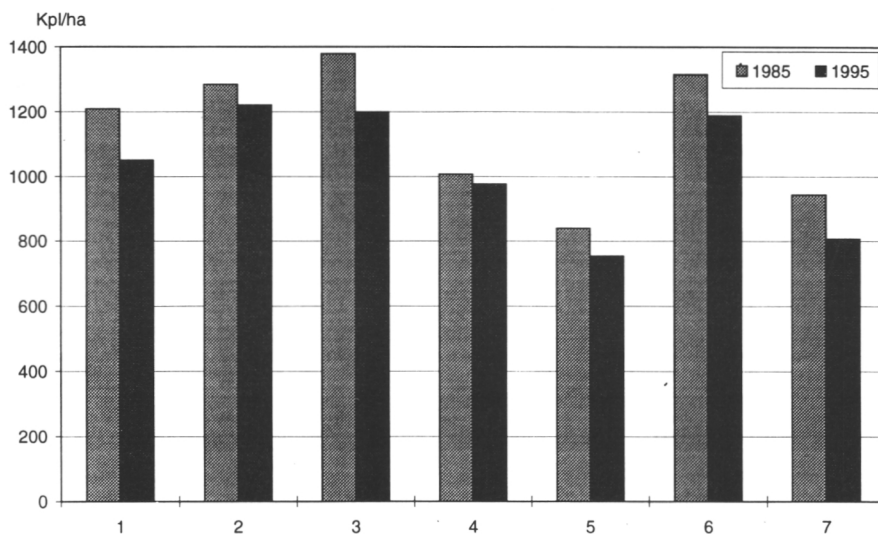
Toisessa tarkastuksessa 11 vuotta myöhemmin yli 1,3 m mittaisen lehtipuiden lukumäärä vaihteli koelasta riippuen 15 000–21 000 kpl/ha. Vähiten niitä oli käytännön mukaisin ohjein perustetulla alalla ja eniten silloin, kun harvennus oli tehty tiheyteen 4 000 kpl/ha. Koivujen osuus lehtipuista oli 65–85 %.



Kuva 4. Luontaisen lehtipuiden lukumäärä Kuhmon Teerikankaan koekentällä keväällä 1985. Edellinen perkaus tehtiin käytännön mukaisin menetelmin vuonna 1977. Kojäsentelyn mukainen perkaus syksyllä 1984 ja inventointi seuraavana keväänä. Taimikon ikä inventointitiheksellä 13 kasvukautta. 1 = ei hoitotöitä, 2 = normaali perkaus, 3 = katkaisuperkaus, 4 = katkaisuperkaus ja taseus, 5 = katkaisuperkaus, taseus ja harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha, 6 = kuin edellä, mutta harvennus tiheyteen 8 000 kpl/ha, 7 = harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha.

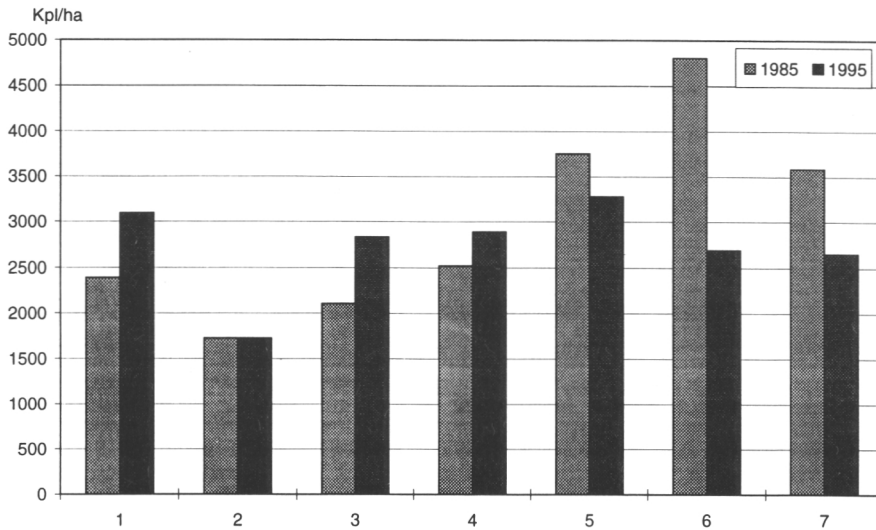
3.1.2 Kasvatettavat taimet

Männyn istutustaimia oli keväällä 1985 elossa koejäsenestä riippuen 1 010–1 590 kpl/ha. Näistä kasvatuskelpoisia oli 840–1 380 kpl/ha (kuva 5). Koejäsen-ten väliset erot johtuivat satunnaisesta vaihtelusta. Seuraavassa inventoinnissa 11 kasvukautta myöhemmin 24-vuotiaitten kasvatuskelpoisten taimien lukumää-rä vaihteli 750–1 220 kpl/ha. Eniten (10–15 %) taimimäärä oli vähentynyt hoita-mattomalla ja tiheäksi jätetyillä aloilla ja vähiten (3–5 %) käytännön tavoin teh-dyssä perkauksessa ja katkaisuperkauksessa, johon oli liitetty lehtipuiden tasa-us.



Kuva 5. Kasvatuskelpoiset männyn viljelytaimet vuosina 1985 ja 1995. Perkaus-käsittelyt selitetty kuvassa 4.

Kasvatettavien mäntyjen ja luontaisten koivujen yhteinen määrä oli lisääntynyt vuosien 1985–1995 välisenä aikana eniten (34 %) katkaisuperatulla ruudulla (kuva 6). Lisäys johtuu perkauksessa tasattujen koivujen hyväksymisestä kasvatetta-viksi taimiksi toisessa inventoinnissa. Vähennystä oli tapahtunut tiheiksi jätetyillä aloilla ja niistä eniten (44 %) koealalla, jossa oli tehty katkaisuperkaus + tasaus + harvennus tavoitetiheyteen 8 000 kpl/ha. Taimikon pituuden lisääntyessä kaikkia taimia ei voitu enää hyväksyä kasvatettaviksi taimiksi. Käytännön mukaisessa perkauksessa kasvatettavien taimien määrä, josta mäntyä oli 71 %, pysyi sama-na. Muilla koealoilla luontaisten koivujen suuresta lukumäärästä johtuen mänty- jen osuus oli koealasta riippuen 23–46 %. Kuusia oli keskimäärin 2 % ja koivuis-ta rauduskoivuja 1 %.



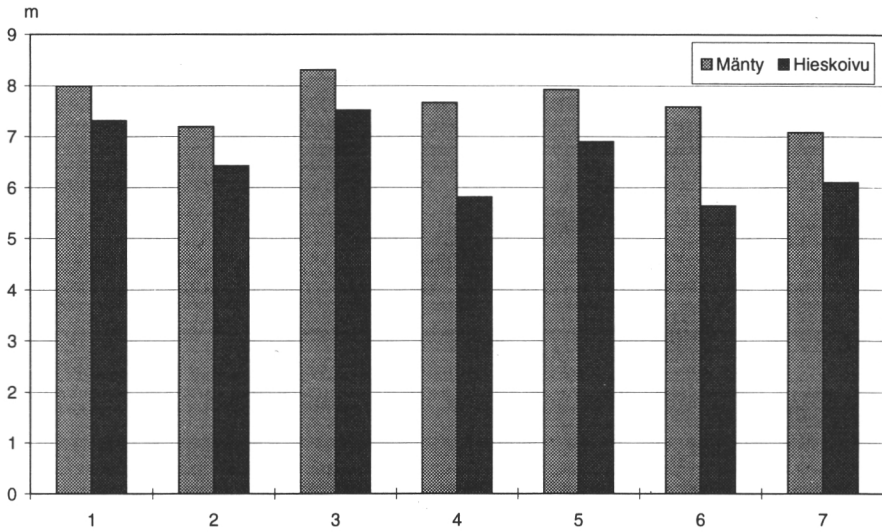
Kuva 6. Kasvatuskelpoisten viljelymäntyjen ja luontaisten koivujen yhteenlaskettu lukumäärä vuosina 1985 ja 1995. Perkauskäsittelyt selitetty kuvassa 4.

3.1.3 Pituus ja läpimitta

Keväällä 1985 istutustaimien keskipituus vaihteli koelaittain välillä 2,8–3,4 m. Yksitoista kasvukautta myöhemmin keskimääräisesti pisimmät taimet olivat katkaisuperkauksessa ja lyhimmät koelalla, jossa oli tehty harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha (kuva 7). Perkaamattomalla, katkaisuperatulla sekä katkaisuperatulla + tasatulla + tiheyteen 4 000 kpl/ha harvennetulla koelalla taimien keskipituus oli tilastollisen merkitsevästi suurempi ($p = 0,01$) kuin normaaliperatulla ja tiheyteen 4 000 kpl/ha harvennetulla koelalla. Pisimmät koivut olivat katkaisuperkauksessa ja lyhimmät koelalla, jossa oli tehty katkaisuperkaus + tasaus + harvennus tiheyteen 8 000 kpl/ha.

Istutustaimien valtapituus oli suurin (9,2 m) katkaisuperkauksessa ja pienin (8,0 m) koelalla, jossa oli tehty harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha. Perkaamattomalla alalla valtapituus oli 8,6 m ja normaaliperkauksessa 8,1 m.

Männyn keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli suurin (109–110 mm) katkaisuperkauksessa ja koelalla, jossa oli tehty katkaisuperkaus + tasaus + harvennus tiheyteen 4 000 kpl/ha ja pienin (93 mm) koelalla, jossa oli perattu käytännön mukaisia ohjeita soveltaen kaksinkertaiseen tiheyteen 4 000 kpl/ha. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,01$).

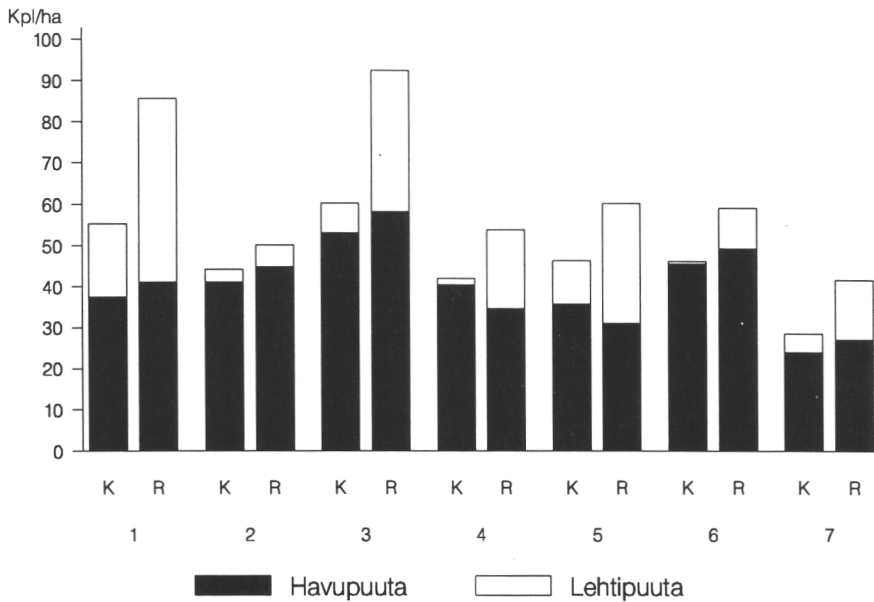


Kuva 7. Kasvatettavien taimien pituus vuonna 1995. Perkauskäsittelyt selostettu kuvassa 4.

3.1.4 Tilavuuskasvu

Viljelymäntyjen kuitupuun määrä oli suurin (53 m^3) katkaisuperatulla koealalla ja pienin (24 m^3) tiheyteen 4 000 kpl/ha harvennetulla koealalla (kuva 8). Koejäsenten väliset erot johtuvat paljolti koealoilla olevien taimien lukumäärien eroista (vrt. kuvat 5 ja 8). Rungon keskitilavuus oli suurin (45 dm^3) katkaisuperkauksessa ja toiseksi suurin (42 dm^3) katkaisuperatulla + tasatulla sekä katkaisuperatulla + tasatulla + tiheyteen 4 000 kpl/ha harvennetulla koealalla. Vastaavasti hoitamattoman ja normaaliperkauksen aloilla keskitilavuus oli $34\text{--}36 \text{ dm}^3$. Pienin (29 dm^3) rungon keskikoko oli harvennettaessa taimet tiheyteen 4 000 kpl/ha.

Havu- ja lehtipuun runkopuuta oli eniten (93 m^3) katkaisuperkauksessa ja toiseksi eniten (86 m^3) hoitamattomalla koealalla (kuva 8). Muilla aloilla runkopuuta oli $42\text{--}60 \text{ m}^3$.



Kuva 8. Kuitu- (K) ja runkopuun (R) määrä. Perkauskäsittelyt on selitetty kuvassa 4.

3.1.5 Istutusmäntyjen laatu

Paksuimmat elävät (24–25 mm) ja kuolleet (21–23 mm) oksat olivat niillä koejäsenillä (3–6), joiden taimet olivat keskimääräisesti pisimmät ja läpimitaltaan paksuimmat ja joiden rungon keskitilavuus oli suurin. Pienin elävä (21 mm) ja kuollut (18 mm) oksa oli koealalla, joka harvennettiin tiheyteen 4 000 kpl/ha.

Käytännön tavoin peratulla koealalla paksuin elävä oksa (22 mm) oli keskimäärin 2,7 m:n korkeudella, muilla koealoilla 40–90 cm ylempänä. Vastaava kuiva oksa (19 mm) oli 1,3 m:n korkeudella ja muilla aloilla 10–50 cm ylempänä.

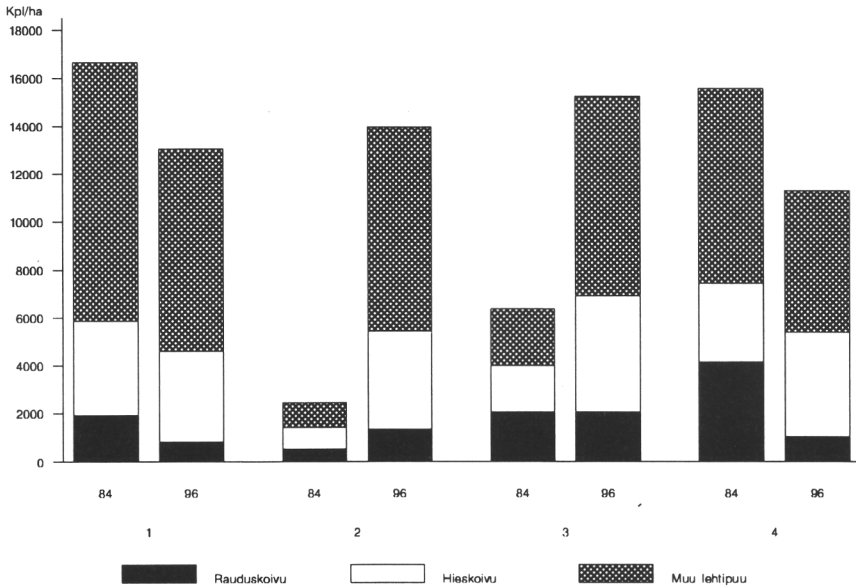
3.2 Kylvötaimikon perkaustapa (Paltamo, Kivesvaara)

3.2.1 Luontaisesti syntyneet taimet

Kylvötaimikon perkaus (1984) tehtiin 10-vuotiaaseen taimikkoon. Luontaisten lehtipuiden lukumäärä perkauksen jälkeen vaihteli välillä 2 500–16 500 kpl/ha (kuva 9). Perkaamatta jätetyn vertailualan taimista puolet kuului pituusluokkaan >1,3 m, reikäperatulla ja harvennetulla alalla niitä oli muutama prosentti ja reikäperkauksessa 20 %. Käytännön tavoin peratulla koealalla kaikki taimet olivat

alle 1,3 m pituisia. Perkaamattoman alan lehtipuista koivuja oli 35 %. Niistä puolet oli rauduskoivuja. Sekä raudus- että hieskoivuista siemensyntyisiä oli 50 %. Kuusia oli 900–1 350 kpl/ha.

Kaksitoista vuotta myöhemmin yli 1,3 m pitkien lehtipuiden lukumäärä vaihteli koealasta riippuen välillä 11 000–15 000 kpl/ha (kuva 9). Perkauksen jälkeen nousseista kantovesoista johtuen eniten taimia oli voimakkaammin peratuilla normaaliperkauksen, reikäperkauksen ja lehtipuun harvennuksen koealoilla.

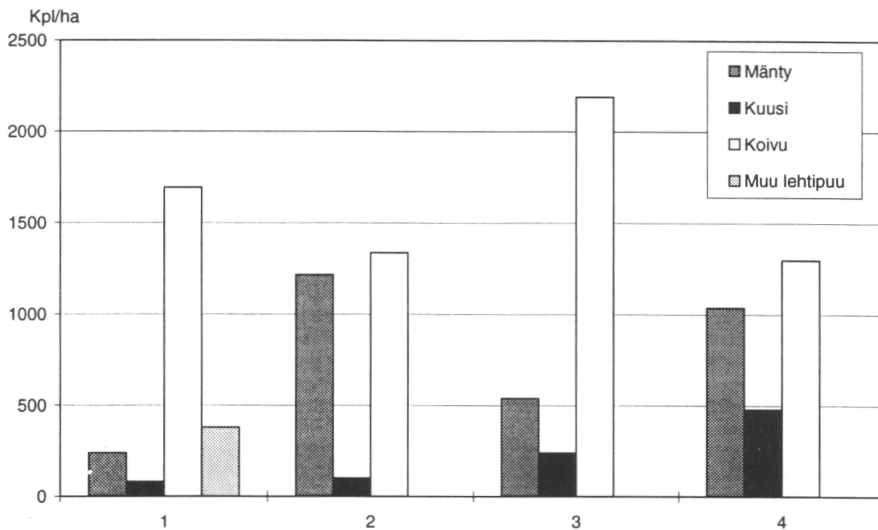


Kuva 9. Luontaisten lehtipuiden lukumäärä vuosina 1984 ja 1996. 1 = ei hoitotöitä, 2 = käytännön mukainen perkaus, 3 = reikäperkaus + lehtipuun harvennus, 4 = reikäperkaus. Vuoden 1984 tulos on perkauksen jälkeen. Vuoden 1984 inventoinnissa mukana kaikki yli 0,3 m mittaiset taimet; vuonna 1996 vain yli 1,3 m.

3.2.2 Kasvatettavat taimet

Kokeen perustamisen jälkeen syksyllä 1984 männyn kylvötaimien lukumäärän satunnainen vaihtelu oli perkaustapojen välillä 4 600–9 000 kpl/ha. Taimia oli vähiten käytännön mukaisesti tehdyssä perkauksessa, hoitamattomalla koealalla niitä oli 1 000 kpl/ha enemmän. Kaksitoista vuotta myöhemmin kasvatettavia kylvötaimia oli käytännön mukaisesti peratulla 1 200 kpl/ha ja hoitamattomalla alalla vain 240 kpl/ha (kuva 10). Luontaisista lehtipuun taimista hyväksyttiin kasvatettaviksi käytännön perkaustavassa 1 350 kpl/ha ja hoitamattomalla koealalla 2 100 kpl/ha. Viimeksimainitussa taimimäärässä on muita lehtipuita 400 kpl/ha,

jotka oli hyväksyttävä kasvatettaviksi koealan koivujen vähyden vuoksi. Koivuista kolmannes oli rauduskoivuja. Luontaisia kuusia hyväksyttiin perkauskäsitteystä riippuen 80–500 kpl/ha.



Kuva 10. Kasvatuskelpoiset taimet syksyllä 1996. 1 = ei hoitotötä, 2 = käytännön mukainen perkaus, 3 = reikäperkaus + lehtipuun harvennus, 4 = reikäperkaus.

3.2.3 Pituus ja läpimitta

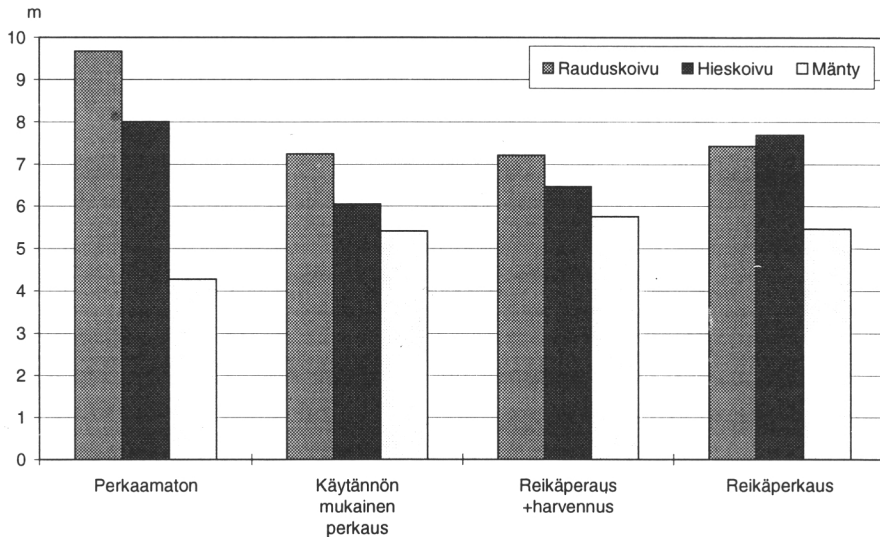
Syksyllä 1984 männyn kylvötaimien keskipituus oli 60 cm. Perkaamattomalla koealalla pituusluokan >1,3 m koivujen keskipituus oli 2,7 m, reikäperkauksen + lehtipuun harvennuksen alalla 1,9 m sekä reikäperkauksen alalla 2,6 m. Käytännön perkaustavassa lehtipuut olivat kylvötaimia lyhyempiä.

Kaksitoista vuotta myöhemmin kasvatettavat kylvötaimet olivat pisimpiä (5,8 m) reikäperkauksen + lehtipuun harvennuksen aloilla ja lyhimpiä (4,3 m) hoitamattomalla alalla (kuva 11). Peratuilla koealoilla koivut olivat taas lyhyimpiä, mikä johtuu pisimpien koivujen poistamisesta perkauksessa.

Kylvötaimien valtapituus oli reikäperkauksessa 6,7 m, normaaliperkauksessa 6,4 m, reikäperatulla + harvennetulla koealalla 6,1 m ja hoitamattomalla koealalla 5,0 m.

Kehityskelpoisten kylvötaimien rinnankorkeusläpimitta oli suurin (69 mm) käytännön mukaisiin ohjein peratulla alalla sekä reikäperkauksessa, johon yhdistettiin lehtipuun harvennus, ja pienin (41 mm) hoitamattomalla koealalla. Ero oli tilas-

tollisesti merkitsevä ($p = 0,01$). Koivujen läpimitat olivat päinvastaisia. Hoitamattomalla alalla rauduskoivujen keskimääräinen läpimitta oli 84 mm ja muilla koejäsenillä 30 mm pienempi. Hieskoivujen läpimitta oli hoitamattomalla alalla ja reikäperkauksessa 65 mm ja muilla aloilla 45 mm.

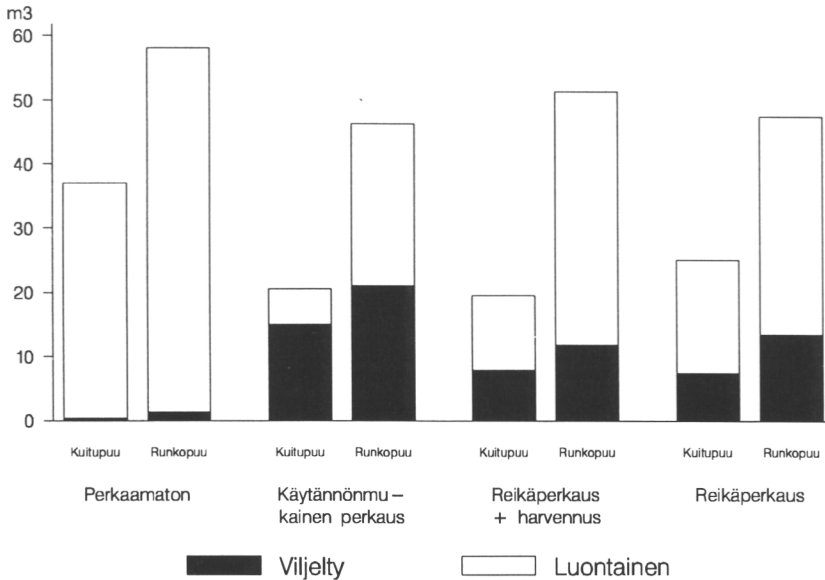


Kuva 11. Kasvatettavien taimien keskipituus syksyllä 1996. Taimikon ikä 22 v.

3.2.4 Tilavuuskasvu

Käytännön ohjeiden mukaisesti peratulla alalla männyn kuitupuuta oli 15 m^3 , koejäsenillä 3 ja 4 puolta vähemmän sekä perkaamattomalla koealalla vain $0,3 \text{ m}^3$ (kuva 12).

Havu- ja lehtipuun yhteenlaskettu kuitupuun määrä oli hoitamattomalla alalla 37 m^3 ja muilla koejäsenillä $19\text{--}25 \text{ m}^3$. Havupuista kuusta oli muutama prosentti ja lehtipuista koivua oli yli 90%. Runkopuuta oli hoitamattomalla alalla 58 m^3 ja muilla koejäsenillä $7\text{--}12 \text{ m}^3$ vähemmän (kuva 12).



Kuva 12. Kuitu- (K) ja runkopuun (R) määrä syksyllä 1996. 1 = ei hoitotöitä, 2 = käytännönmuokainen perkaus, 3 = reikäperkaus + lehtipuun harvennus, 4 = reikäperkaus.

3.2.5 Kylvömäntyjen laatu

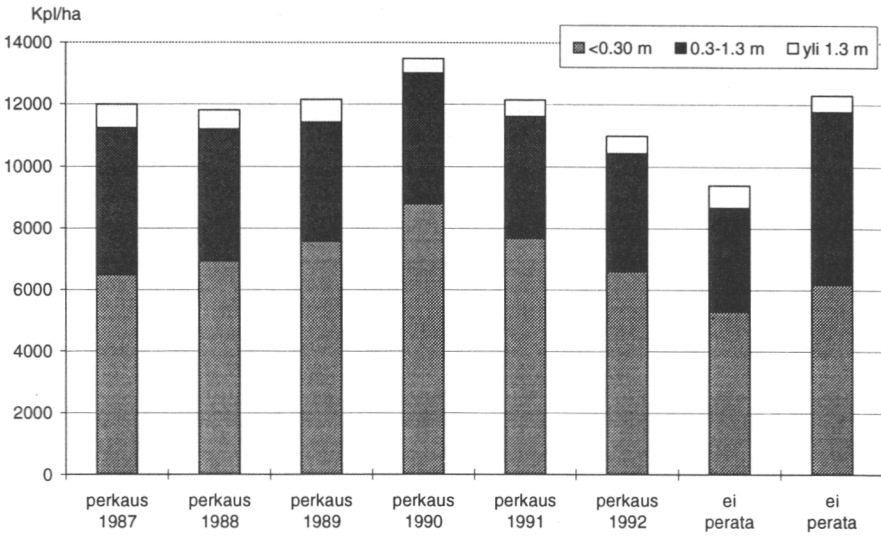
Kasvatettavien kylvötaimien paksuimman tuoreen ja kuivan oksan keskiläpimitat perkaamattomalla alalla olivat 14 mm ja 11 mm. Muilla koejäsenillä tuoreet oksat olivat 2–3 mm ja kuivat oksat 1–2 mm vahvempia. Oksien läpimitoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Paksuimman tuoreen oksan korkeus maasta oli hoitamattomalla alalla 1,7 m, käytännönmukaisessa perkauksessa 1,8 m ja reikäperkauksissa 2 m. Paksuimman kuivan oksan korkeus maasta oli jokaisessa perkauskäsittelyssä 0,9 m.

3.3 Istutustaimikon perkausajankohta (Kuusamo, Juhtilampi)

3.3.1 Luontaisesti syntyneet lehtipuut

Luontaisten lehtipuiden lukumäärä vaihteli ennen perkausten aloitusta (1987) satunnaisesti koealasta riippuen välillä 9 400–13 500 kpl/ha (kuva 13). Taimikkoko oli tuolloin 7-vuotiaista. Alle 0,3 m mittaisia taimia oli keskimäärin 59 %, 0,3–1,3 m mittaisia 36 % ja yli 1,3 m pitkiä 5 %. Pisimmät taimet olivat yli 3 m pitkiä.

Lehtipuista hieskoivuja oli 61 %, rauduskoivuja 6 %, haapoja 2 % sekä pajuja ja pihlajaa 31 %. Lehtipuiden taimista keskimäärin 90 % oli muokatussa maassa.

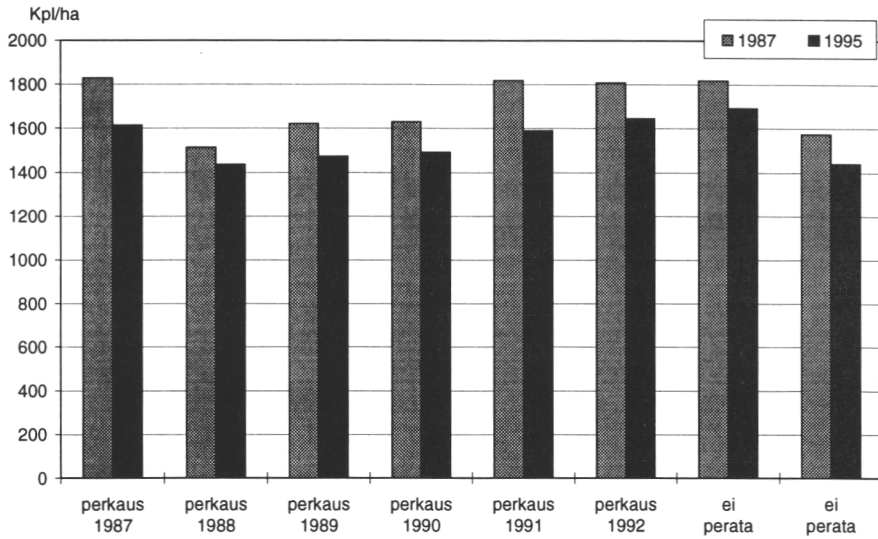


Kuva 13. Luontaisten lehtipuiden määrä Juhtilammella vuonna 1987 perkausajan-kohdittain.

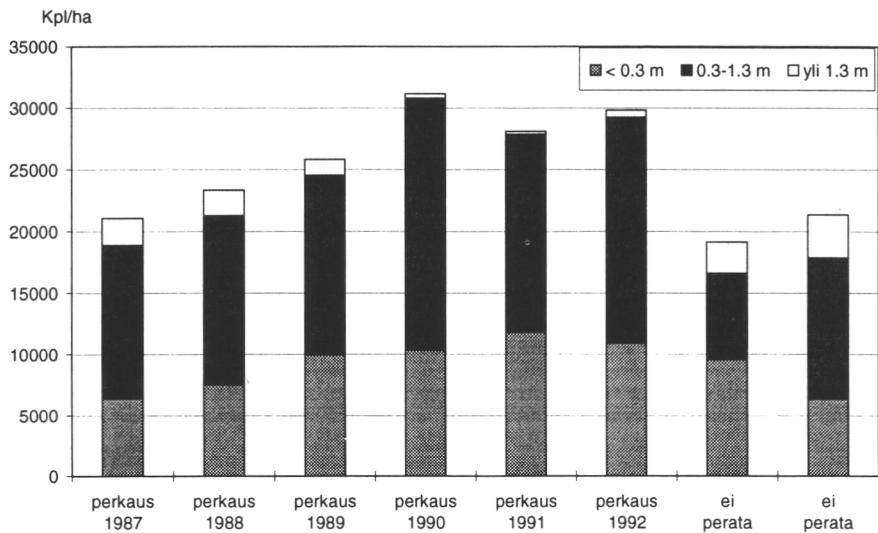
3.3.2 Kasvatettavat taimet

Kasvatettavien istutusmäntyjen lukumäärä vaihteli perkausten aloitusvuonna (1987) satunnaisesti koealasta riippuen välillä 1 513–1 828 kpl/ha (kuva 14). Kahdeksan vuotta myöhemmin taimia oli 5–12 % vähemmän. Eniten taimia oli kuollut ensimmäisenä ja viidentenä kesänä (1987, 1991) ja vähiten toisena kesänä (1988) peratuilla koealoilla. Perkaamattomilla aloilla taimien kuolleisuus oli 8 %. Luontaisia lehtipuita hyväksyttiin kasvatettaviksi taimiksi koejäsenestä riippuen 88–370 kpl/ha ja luontaisia kuusia 16–103 kpl/ha.

Viimeisessä tarkastuksessa (1995) ensimmäisinä vuosina peratuilla koealoilla oli yli 1,3 m pitkiä lehtipuun taimia jo lähes yhtä paljon kuin perkaamattomilla koealoilla (kuva 15). Viimeiseksi peratuilla ruuduilla lehtipuiden määrä oli suurin ja ne olivat lähes kaikki istutusmäntyjä lyhyempiä.



Kuva 14. Perkausajankohdan vaikutus männyn istutustaimien elossaoloon.



Kuva 15. Luontaisten lehtipuun taimien lukumäärä Juutilammella vuonna 1995.

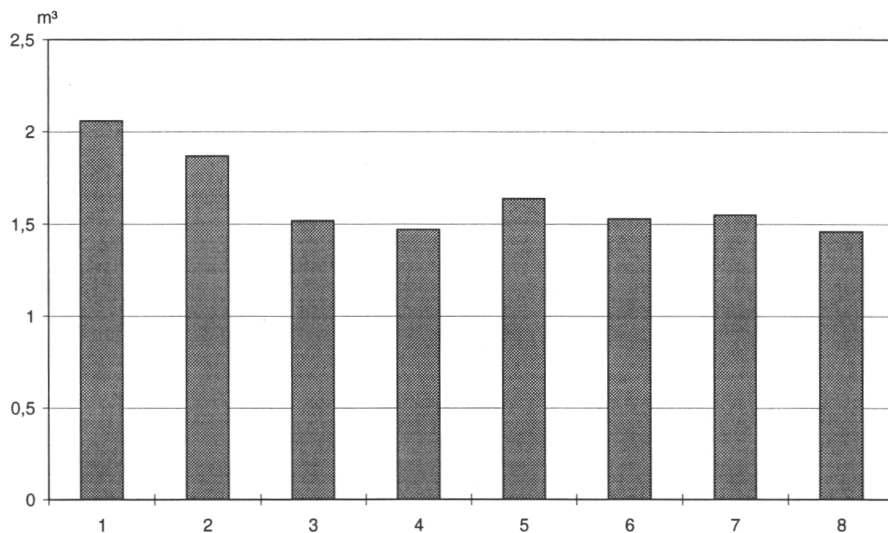
3.3.3 Pituus ja läpimitta

Männyn istutustaimien keskimääräinen pituus vuonna 1987 oli 0,6 m. Kahdeksan vuotta myöhemmin keskimääräisesti pisimmät (2,33 m) taimet olivat vuosina 1987–1988 peratuilla aloilla. Perkaamattomilla aloilla pituus oli 2,15 m. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Valtapuiden keskipituus oli koejäsenestä riippuen 2,8–3,2 m.

Rinnankorkeusläpimitta oli kahden ensimmäisen vuoden aikana peratuilla aloilla keskimäärin 29 mm ja perkaamattomilla koelohjoilla 24 mm. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä ($p = 0,01$). Muina vuosina peratuilla aloilla läpimitat olivat 25–26 mm.

3.3.4 Tilavuuskasvu

Istutusmäntyjen runkokuun tilavuus oli ensimmäisenä ja toisena vuonna peratuilla koelohjoilla lähes puoli kuutiometriä hoitamattomien alojen tilavuutta suurempi (kuva 16). Rungon keskitilavuus oli ensin mainituilla aloilla $1,3 \text{ dm}^3$ ja jälkimmäisillä $0,95 \text{ dm}^3$.



Kuva 16. Männyn runkokuun määrä syksyllä 1995. Koelohjojen perkausajankohdat on selostettu kuvassa 13.

3.3.5 Istutusmäntyjen laatu

Vuosina 1987–88 peratuilla koealoilla paksuimman elävän oksan keskimääräinen läpimitta oli 19 mm ja myöhemmin peratuilla sekä perkaamattomilla aloilla 2 mm pienempi. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Perkausajankohdalla ei ollut vaikutusta paksuimman kuivan oksan läpimittaan (10 mm) eikä elävän ja kuolleen paksuimman oksan korkeuteen maasta.

4 Tulosten tarkastelu

Perkausajankohtakoe perustettiin vuonna 1986 silloisten metsänhoitosuosituksen mukaan perkaustarpeessa olleeseen 7-vuotiaaseen männyn istutustaimikkoon. Perkausten vuosittaisella lykkäämisellä ei kuuden seuraavan vuoden aikana ollut vaikutusta istutustaimien elossaoloon. Perkausajankohdalla oli vaikutusta viljelytaimien pituuteen, rinnankorkeusläpimittaan, rungon keskitilavuuteen ja paksuimman elävän oksan läpimittaan. Ne olivat kahden ensimmäisen vuoden aikana perattujen alojen taimilla perkaamattomien alojen taimia suurempia. Erot olivat pieniä. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin ennustaa peratuilla aloilla istutusmäntyjen kasvun nopeutuvan, mutta laadun heikkenevän. Tämän tutkimuksen koealaa vastaavissa olosuhteissa perkauksilla ei ole vielä kiire 7–15 vuoteen istutuksesta. Uudistusosalta voisi kuitenkin poistaa valikoiden koivujen kantovesoja niiden alkaessa haitata viljelytaimien kehitystä.

Männyn kylvötaimikon perkaustapa-koekenttä perustettiin tuoreen kankaan 10-vuotiaaseen lehtipuiden vesottamaan kylvötaimikkoon vuonna 1984, jolloin kylvötaimia kaikilla koejäsenillä oli vielä riittävästi uuden metsän tarpeita silmälläpitäen. Kaksitoista vuotta myöhemmin kylvötaimikko oli tuhoutunut hoitamattomalla alalla, kun käytännönmukaisessa ja reikäperkauksessa taimia oli riittävästi. Vesottuneen kylvötaimikon perkausta ei voida pitkittää ensiharvennuksen yhteydessä suoritettavaksi toimenpiteeksi (Vuokila 1972, Hokajärvi 1997). Perkaus on tehtävä jo varhaisessa vaiheessa ja rehevällä kasvupaikalla myöhemmin tarpeen niin vaatiessa vielä toisenkin kerran.

Kylvötaimikon perkaustavalla oli vähäinen vaikutus paksuimman oksan läpimittaan. Puiden pystykarsinnassa suositus karsittavan oksan läpimitalle on alle 20 mm, eikä 30 mm saisi ylittää (Vuokila 1982, Pystykarsintaopas 1986). Sahatavaran uusissa laatuohjeissa sallitaan hyvässä tyvitukissa tuoreiden ja kuivien oksien paksuudeksi korkeintaan 15 mm ja muissa 40 mm (Airaksinen 1997). Varmola (1996) suosittaa männyn sahatavaran kasvatuksessa tyvitukin paksuimmalle oksalle sallittavaksi läpimitaksi alle 30 mm ja pyrittäessä korkeaan laatuun läpimitan tulisi jäädä alle 20 mm. Tässä työssä kylvötaimet täyttivät paksuimman oksan läpimitan osalta hyvälle tyvitukille asetetut laatuvaatimukset lähes kaikilla perkaustavoilla.

Perkaustavan vaikutusta männyn taimikon kehitykseen tutkittiin myös istuttamalla perustetussa taimikossa. Koekenttä perustettiin tuoreen alavan kankaan 13-vuotiaaseen, hieskoivun runsaasti vesottamaan taimikkoon, joka oli perattu ensimmäisen kerran 6 vuotta viljelyn jälkeen. Hoitamattomalla ja tiheiksi jätetyillä koelajoilla viljelytaimia kuoli enemmän kuin peratuilla ajoilla. Saatu tulos oli yhtenevä aikaisempien havaintojen kanssa (Jakkila & Pohtila 1978, Kubin & Savilampi 1996).

Kasvatettavien istutustaimien keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ja rungon keskitilavuus olivat suurimpia katkaisuperkauksen, katkaisuperkauksen + tasauksen sekä katkaisuperkauksen + tasauksen + harvennuksen koelajoilla. Lappi-Seppälä (1930) osoitti Etelä-Suomessa männyn kuutiokasvun sekametsiköissä suuremmaksi kuin puhtaassa männikössä. Hoidetun männyn ja rauduskoivun nuoren sekametsikön on todettu tuottavan puuta vähintään saman verran kuin puhtaan männikön (Mielikäinen 1980).

Perkaustavalla oli kokeen olosuhteissa vähäinen vaikutus istutustaimien laatuun. Paksuimman elävän oksan läpimitta ylitti 20 mm rajan kaikilla koejäsenillä ja kuolleen oksan läpimitat olivat lähes yhtä suuria. Myös Kuhmon Pitkävaarassa on saatu samanlainen tulos (Kubin & Savilampi 1996). Oksaisuus johtunee istutustaimien alhaisesta lukumäärästä ja taimikon aikaisemmasta perkauksesta 6 vuotta viljelyn jälkeen. Kuhmon Teerikankaan istutustaimet olivat Paltamon Kivesvaaran lähes samanikäisiä kylvötaimia huomattavasti paksuoksisempia. Myös Varmola (1996) on tutkimuksissaan saanut samansuuntaisia eroja kylvö- ja istutustaimien välille. Uusvaaran (1981) mukaan viljelytaimikoiden huono laatu johtuu ensi sijassa harvasta kasvatuserästä nuoruusvuosina.

Kasvattamalla taimikot tiheinä viljelytaimien laatu paranee ja ensiharvennusleimikoista saatava puumäärä lisääntyy. Ensiharvennusleimikoiden poistettavasta biomassasta vajaa puolet on kelvotonta teollisuuden raaka-aineeksi, mutta sitä olisi vuosittain tarjolla 5 milj. m³ energiakäyttöön, jos kuitupuun minimiläpimitta olisi 7 cm (Hakkila 1997). Nykyisen halvan ulkomaisen energian aikana kotimaisen energiapuun korjuu ei ole kuitenkaan kannattavaa kehittyneestä korjuutekniikasta huolimatta. Valtiovallan myötävaikutuksella energiapuun käyttöönottoa voitaisiin edistää sekä saada uusia työpaikkoja samalla kun hiilidioksidipäästöt vähenisivät ja ensiharvennusvaiheessa olevat nuoret metsät tulisivat hoidetuiksi.

Kirjallisuus

- Airaksinen, P. 1997. Puutavaralajien laatuvaatimukset. Tapion taskukirja. Julkaisija Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 23. uudistettu painos. s. 476–478.
- Hakkila, P. 1997. Uudet energiapuun korjuumenetelmät. Julkaisussa: Nurmi, J., Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Energiapuusta puutuhkaksi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 660: 6–10.

- Hokajärvi, T. (toim.) 1997. Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 58 s.
- Jakkila, J. ja Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland. *Folia Forestalia* 360. 27 s.
- Kalland, F. 1997. Taimikon perkaus, Uudistusalan raivaus. UPM-Kymmene. 25 s.
- Kinnunen, K. & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11-12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. *Folia Forestalia* 546. 20 s.
- Kubin, E. & Savilampi, P. 1996. Männyn taimikon perkaustapa ja energiapuun tuotos. Julkaisussa: Piironen, M.-L. & Väärä, T. (toim.) *Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995*. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 598: 23–34.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 15(2): 227–241.
- Lundmark, J.-E. 1988. Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk. Del 2 - tillämpning. Skogsstyrelsen Sverige. 319 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosituksset. Metsäkeskus Tapiolin julkaisuja 6. Helsinki. 72 s.
- Metsän uudistaminen. 1996. UPM-Kymmene Metsä. Koria. 64 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 99(3): 1–82.
- Nygren, M., Ahonen, M., Koskinen, R., Kubin, E. & Mälkönen, E. 1997. Monimuotoinen metsänuudistaminen. Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 636. 40 s.
- Pystykarshintaoapas. 1986. Suomen Sahanomistajayhdistys. Mikkeli. 36 s.
- Uusvaara, O. 1981. Viljelymänniköiden puun tekninen laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 28. 47 s.
- Uusvaara, O. & Saukkonen, T. 1997. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus nuorten kylvömanniköiden ulkoiseen laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 656. 25 s.
- Valtanen, J. 1982. Perkauksen vaikutus männyntaimikon alkukehitykseen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 70: 51–62.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia Forestalia* 141. 36 s.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Porvoo. 256 s.
- Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia* 523. 55 s.

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 fosforilannoitelajikeista. 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 kasvatusta 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 piensararämeillä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsämattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.

- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimi-
koiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten
jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tal-
lennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tutki-
musten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tut-
kimusosastolla. 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 teki-
jät 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 & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vaiku-
tus männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 23.11.1993. 1994.
- Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä -
mätästyksen perusteet. 1994.
- Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäi-
sen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The
importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth
increase of tree stands on pine mires. 1994.
- Nro 533. Jukka Valtanen. Pohjois-Suomen suuret avohakkuut 1946-70. Yhteiskunnalli-
nen tausta, toteutus ja vaikutukset. 1994.
- Nro 550. Jukka Valtanen. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969-94.
1995.
- Nro 551. Jukka Valtanen (toim.). The natural regeneration of forests in Finland and
Russian Karelia. 1995.
- Nro 552. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. 1995.
- Nro 598. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995. 1996.
- Nro 608. Jukka Valtanen ja Tapani Tasanen. Männyn viljelytavan valinta. 1996.
- Nro 666. Eero Kubin, Jorma Pasanen ja Pentti Savilampi. Korkeiden alueiden metsien
uudistaminen Kainuussa ja Koillisella Suomessa. 1997.
- Nro 668. Pentti Niemistö ja Tuula Väärä. Rauduskoivu tänään — ja tulevaisuudessa.
Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. 1998.

ISSN 0358-4283

ISBN 951-40-1611-4

Oulun Liikekirjapaino Oy 1998