

Soilla ja kankailla –

# Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa

Sinikka Jortikka, Martti Varmola, Sirkka Tapaninen (toim.)



ROVANIEMEN TUTKIMUSASEMA



Soilla ja kankailla

# Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa

Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 21.–22.5.2003

Toimittaneet

Sinikka Jortikka, Martti Varmola ja

Sirkka Tapaninen

Jortikka, S., Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). 2003. Soilla ja kankaila – Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 903. 112 s. ISBN 951-40-1897-4, ISSN 0358-4283.

Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi, puh. 010 2111, faksi 010 211 4401, sähköpostiosoite: etunimi.sukunimi@metla.fi.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hyväksynyt tutkimusjohtaja Jari Hynynen.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, kirjasto/julkaisumyynti, PL 18, 01301 Vantaa, puh. 010 211 2200, faksi 010 211 2201, sähköposti: kirjasto@metla.fi.

Kannen suunnittelu: Jouni Hyvärinen  
Kuvankäsittely: Raimo Pikkupeura  
Taitto: Sirkka Tapaninen

Kirjapaino: Vammalan Kirjapaino Oy

# Sisällys

Lukijalle .....	4
Suometsien kasvatuksen vaihtoehdot ja taloudellinen kannattavuus <i>Timo Penttilä, Anssi Ahtikoski, Soili Kojola ja Hannu Hökkä</i> .....	7
Suometsien kunnostusojitus – kasvureaktion tutkiminen ja kuvaus <i>Hannu Hökkä ja Soili Kojola</i> .....	13
Kunnostusojituksen vaikutukset valumavesien ominaisuuksiin <i>Samuli Joensuu</i> .....	21
Onko ojituksella vaikutusta metsäkanalintujen määrään? <i>Pekka Helle ja Ludwig Gilbert</i> .....	33
Suometsiin liittyvät tutkimustarpeet Pohjois-Suomessa <i>Hannu Hökkä</i> .....	41
Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Pohjois-Suomessa <i>Mikko Hyppönen</i> .....	45
Aurauksen vaikutus moreenien vesi- ja ravinnetalouteen Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä <i>Marja-Liisa Sutinen, Ari Teirilä, Markku Pänttjä ja Raimo Sutinen</i> .....	51
Maaston korkeuden ja metsikön ominaisuuksien vaikutus taimimääriin ja taimikoiden keskipituuteen <i>Ville Hallikainen, Mikko Hyppönen, Tarmo Aalto, Risto Jalkanen ja Kari Mäkitalo</i> .....	61
Kontortamännyn alkukehitys <i>Martti Varmola ja Hannu Salminen</i> .....	67
Metsien laskeumakuormitus ja sen vaikutukset <i>Antti-Jussi Lindroos, John Derome, Kirsti Derome ja Hannu Raitio</i> .....	77
Metsänhoidon tutkimus ja tutkimustarpeet Pohjois-Suomessa <i>Mikko Hyppönen</i> .....	87
Luppo poron ravintona ja lupon kasvupaikkavaatimukset – kirjallisuuskatsaus <i>Lotta Jaakkola, Timo Helle ja Jussi Soppela</i> .....	89
Tutkimustarpeita porotalouden näkökulmasta <i>Matti Särkelä</i> .....	105
Kirjoittajien yhteystiedot .....	109

## *Hyvä lukija,*

Kädessäsi on metsänhoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa käsittelevä julkaisu. Se sisältää tutkimukseen pohjautuvaa tietoa suometsien kasvatustavaihtoehdoista sekä hoitotoimenpiteiden vaikutuksesta puuntuotokseen, vesistöjen kuormitukseen ja kanalintujen poikasmääriin. Kangasmaiden tutkimuksissa käsitellään männyn luontaista uudistamista, auroituksen vaikutusta maaperän ominaisuuksiin ja sitä kautta HMT-kuusikon uudistamistulokseen, metsänviljelyn onnistumiseen yleisesti vaikuttavia tekijöitä sekä kontortamännyn viljelyä. Erikseen tarkastellaan lupon merkitystä poron ravintona sekä metsien laskeumakuormitusta ja sen vaikutusta metsäekosysteemiin. Artikkelit pohjautuvat Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tutkimuspäiviin, jotka pidettiin 21.–22.5.2003 Rovaniemellä.

### *Suometsät*

Pohjois-Suomessa soiden osuus on 40 % metsätalouden maasta. Suometsien metsänkasvatuksen ongelma on maaperän liiallinen vesipitoisuus, jonka alentamiseksi soita ojitetaan. Pohjois-Suomen soista on ojitettu 40 %. Nuori puusto, joka ei ole kärsinyt liikaa ylimääräisestä kosteudesta, reagoi yleensä ojitukseen voimakkaammin kuin pitkään heikoista kasvuoloista kärsinyt puusto. Sama pätee kunnostusojituksen ajoittamiseen. Jo 15 vuotta vanhoilla ojitusalueilla puiden kasvu voi olla selvästi taantunut ojien kunnan heikkenemisen vuoksi. Mäntyvaltaisilla rämeillä kunnostusojituksella on lähes aina jäävän puuston kasvua lisäävä vaikutus, ja kasvun suuruus vaihtelee kohteen maantieteellisen sijainnin, kasvupaikan ja puuston kunnan mukaan. Toimenpiteen kannattavuus on hyvä, etenkin jos valtion tuki otetaan huomioon. Kunnostusojitus tehdään yleensä 1–2 kertaa puuston kasvatuksen aikana.

Suometsien kasvua parannetaan myös harvennushakkuilla, jotka edistävät puuston uudistamisjäreyden saavuttamista. Käyttöpuun tuotoksen lievät lisäykset, harvennushakkuista aiemmin saatavat tulot sekä uudistamisajankohdan aikaistuminen johtavat siihen, että harvennuksia sisältävillä kasvatusohjelmilla saavutetaan jopa kaksinkertaiset nettotulot verrattuna puuston kasvattamiseen ilman harvennuksia. Harvennusten ajankohta määritellään samojen periaatteiden mukaan kuin kangasmailla, vaikka selvää tarvetta olisi määritellä suometsien harvennushakkuille omat kriteerinsä. Tämä sen vuoksi, että suometsien puuston rakenne, lajisto, maaperän ravinnetila ja vesitalous voivat poiketa huomattavasti kangasmaiden vastaavista ominaisuuksista.

Metsäojitus ja ojien myöhempi kunnostus lisäävät puiden kasvua, mutta ne aiheuttavat myös ympäristömuutoksia. Ojituksen seurauksena eroosio sekä vesistöjen kiintoaineksen ja ravinteiden määrä kasvavat ainakin hetkellisesti. Yksittäisessä sarkaojassa syöpyminen ja ainesten kulkeutuminen on vähäistä, mutta suuria vesimääriä keräävissä kokooja- ja laskuojissa tapahtuu eroosiota. Sekä uudis- että kunnostusojituksen kiintoainekuormituksen määrään vaikuttavat muun muassa suon sisältämän veden määrä, turpeen maatuneisuus, kaivuajankohdan sääolot ja kaivettavaan ojaan purkautuva vesimäärä. Kiintoaineshuhtouman määrää pystytään oleellisesti vähentämään pintavalutuskentillä, suoja-vyöhykkeillä tai laskeutusaltaiden ja pintavalutuskenttien yhdistelmillä. Vesistökuormitusta vähentävien vaihtoehtojen puntarointi tulee jatkossa yhä tärkeämmäksi osaksi metsätaloustoimenpiteiden suunnittelua. Tähän vaikuttaa muun muassa EU:n uusi vesipolitiikan puitedirektiivi.

Julkaisussa on myös alustavaa tietoa ojituksen vaikutuksesta metsäkanalintujen määrään ja siitä, miten metsäkanalintujen määrä on vaihdellut vuosien saatossa sekä mistä muutokset johtuvat.

### *Kangasmaat*

Männyn luontaisen uudistamisen tulokset Pohjois-Suomessa ovat vaihdelleet suuresti. Suurin syy epäonnistumisiin on ollut maanmuokkauksen puuttuminen. Luontaista uudistamista voidaan edistää käyttämällä hyväksi jo olemassaolevaa alikasvosta, tekemällä uudistamista valmistava väljennyshakkuu, käyttämällä sopivia siemenpuuhakkuutapoja, mutta ennen kaikkea raivaamalla uudistusala ja huolehtimalla oikeanlaisesta maanpinnan muokkauksesta sekä poistamalla ylispuusto riittävän aikaisin. Luontainen uudistaminen tuottaa onnistuessaan halvalla tiheän ja hyvälaatuisen taimikon, mutta uudistuminen on yleensä viljelyä hitaampaa ja epävarmempaa.

Metsänviljely on kohdannut etenkin Keski-Lapin HMT-kuusikoissa pahoja takaiskuja. Näyttää siltä, että maaperän vesitaloutta ei määrittävillä alueilla voida aurauksellakaan muuttaa männylle soveliaaksi. Toisaalta kuvioittainen vaihtelu on niin suurta, että uudistusalojen vesipitoisuuden ennakkokartoituksella voidaan tarkentaa puulajivalintaa. Lapissa maaston korkeus vaikuttaa selvästi männyn kylvön onnistumiseen, mutta sekä kuusen että männyn istutuksella saatu tulos on korkeudesta jokseenkin riippumaton. Myös voimakas poron laidunnus vaikuttaa havupuiden taimimääriin. Männyntaimikot kasvavat selvästi kuusentaimikoita nopeammin, joihin maaston korkeuskin vaikuttaa kasvua hidastaen. Voimakas maanpinnan käsittely edistää taimien pituuskehitystä. Metsänviljelyn tuloksissa on huomattavaa hajontaa Lapissa, mutta kokonaisuudessaan viime vuosikymmenien metsänviljelyt ovat onnistuneet hyvin.

Kontortamänty soveltuu viljeltäväksi samoilla kasvupaikoilla kuin kotimainenkin mänty, myös Lapissa. Soilla ja kovin rehevillä kankailla kontorta menestyy huonosti. Kylvökin on mahdollista kuivilla ja kiihkoilla kankailla. Kontortamännyn viljelytiheyden tulee kuitenkin olla kotimaista mäntyä suurempi. Kontortamännyn tuotos on noin 30 % mäntyä suurempi. Metsien sertifiointi asettaa kuitenkin esteitä kontortamännyn käytölle.

Edellä esitettyjen suometsien ojituksiin, kangasmetsien uudistamiseen, hoitoon ja puulajivalintaan liittyvien artikkeleiden lisäksi julkaisussa on laaja lupon ekologiaa ja merkitystä poron ravintona selvittävä kirjallisuuskatsaus sekä metsien viimeaikaista laskeumakuormitusta kuvaava artikkeli, jossa esimerkkinä on Kivalon tutkimusalueen Euroopan laajuiseen seurantaan kuuluva intensiivikoeala. Kivalon tutkimusalue täytti 80 vuotta ja tutkimuspäiviin liittyi sinne suuntautunut maastoretkeily, jolla tutkimustuloksia voitiin havainnollistaa parhaalla mahdollisella tavalla. Tutkimuspäiville osallistui 80 henkilöä ja retkeilylle täysi bussilastillinen, 60 henkilöä.

Lausumme parhaat kiitokset kaikille osallistujille ja artikkeleiden kirjoittajille sekä Kivalon tutkimusalueen henkilökunnalle onnistuneen maastoretkeilyn järjestelyistä.

*Sinikka Jortikka*

*Martti Varmola*



# Suometsien kasvatuksen vaihtoehdot ja taloudellinen kannattavuus

*Timo Penttilä, Anssi Ahtikoski, Soili Kojola ja Hannu Hökkä*

## I Johdanto

Suomessa ojitettiin runsaasti soita 1960- ja 1970-luvuilla. Tuolloin ojitettujen soiden puusto on nyt pääosin varttunut harvennusvaiheeseen. Nykyiset suositukset harvennusajankohdan ja sopivan harvennusvoimakkuuden määrittämiseksi perustuvat lähinnä kangasmailla tehtyihin tutkimuksiin ja käytännön kokemukseen. Ojitusalueilla ensiharvennusvaiheen puustot ovat kuitenkin usein ryhmittäisiä ja erirakenteisia ja viljavilla kasvupaikoilla lähes poikkeuksetta sekapuustoja. Lisäksi turvemaat poikkeavat maaperän ravinnetilan ja vesitalouden suhteen kangasmaista. Harvennusmallien soveltuvuudesta turvemaiden metsänhoidon osviitaksi onkin melko vähän tietoa. Harvennusten ohella kunnostusojitus on metsänkasvatuksen toimenpide, johon ojitusalueilla joudutaan turvautumaan 1–2 kertaa puuston kasvatuksen aikana.

Metlan tutkimusohjelmassa ”Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö” on käynnissä tutkimus, jossa tavoitteena on vertailla suometsien tuotosta ja tuottoa erilaisilla kasvatusvaihtoehdoilla. Tässä esityksessä tarkastellaan alustavia tuloksia muutamien esimerkkien avulla.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimusta varten maa on jaettu neljään lämpösummavyöhykkeeseen. Kasvupaikoista tutkimuksen kohteena ovat ne metsänkasvatuskelpoiset suotyypit, joilla mänty on yleisimmin kasvatettava pääpuulaji. Käytävissä olevista laajoista inventointiaineistosta kullekin suotyypille kus-

sakin ilmastovyöhykkeessä on saatu keskimääräiset lähtöpuustot. Ne edustavat noin 15–20 vuotta ojituksen jälkeen kehittyneitä puustoja.

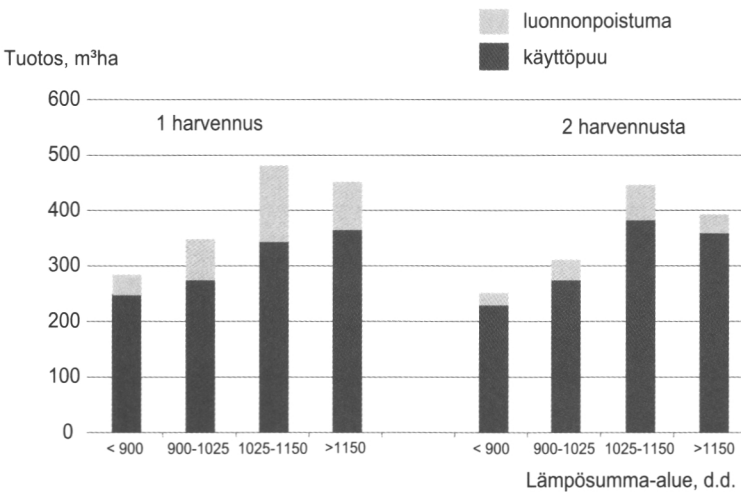
Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyn MOTTI-simulaattorin avulla ennustettiin puuston kehitys jokaisesta lähtöpuustotilanteesta uudistamisajankohtaan saakka seuraavilla vaihtoehdoilla:

- 0,1 tai 2 harvennuskertaa,
- harvennuksessa poistetaan 20, 33 tai 50 % puuston tilavuudesta, ja
- kasvatusketjun aikana toteutetaan 1 tai 2 kunnostusojitusta.

Uudistamisajankohdan perusvaihtoehto määritettiin nykyisten metsänhoitosuosituksen läpimittarajan perusteella. Tämän lisäksi tarkasteltiin 10, 20 tai 30 vuotta lyhyemmän kasvatusajan vaikutusta tuotokseen ja tuottoon. Simuloinneissa oletettiin lisäksi, että kohteilla ei tehdä lannoituksia ja että koivusta ei saada tukkipuuta. Muutoin puutavaralajien ja niiden arvot määriteltiin nykykäytännön mukaisilla dimensiorajoilla ja keskimääräisillä kantohinnoilla. Näin simuloitujen tuotossarjojen mukaisten harvennushakkuukertymien ja loppupuuston arvot diskontattiin simuloinnin alkuhetkeen vaihtoehtoisilla korkokannoilla.

### 3 Tuloksia

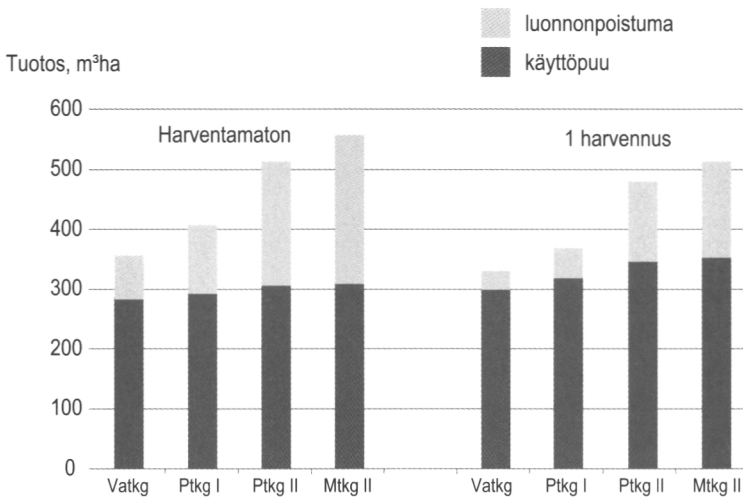
Ilmaston vaikutusta puuston kokonaistuotokseen tarkastellaan kuvassa 1 puolukkaturvekangas II:lla eli yleisimmällä ojitettujen soiden kasvupaikalla. Etelä-Suomen ilmastossa tuotos nousee yli 1,5-kertaiseksi



Kuva 1. Puuston simuloitu kokonaistuotos puolukkaturvekangas II –tyypillä eri lämpösummavyöhykkeissä yhden ja kahden harvennuksen kasvatusohjelmilla.

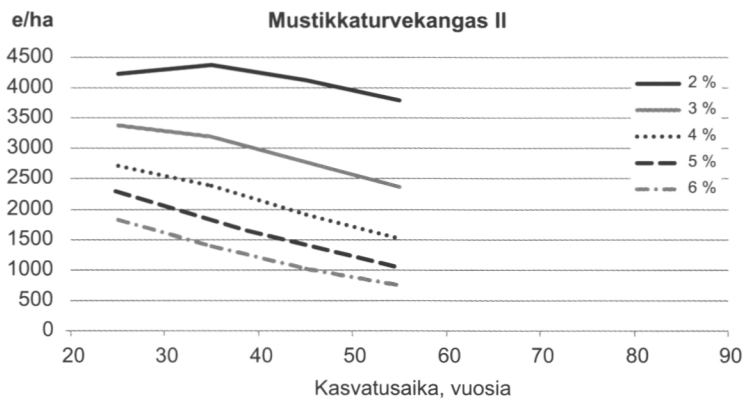
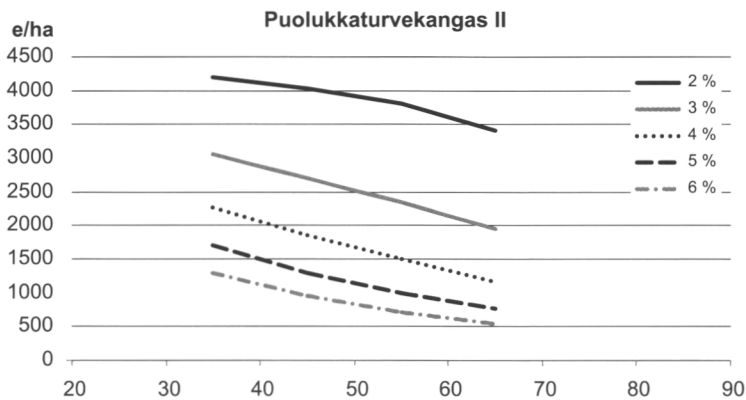
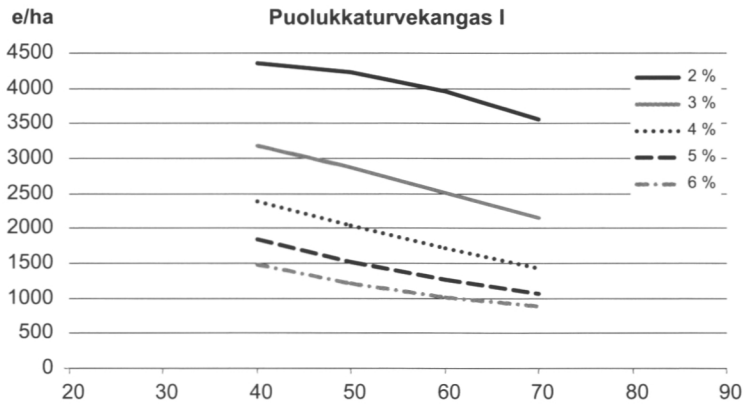
Etelä-Lapin ilmastoon verrattuna. Suotuisamman ilmaston alueella vain yhden harvennuksen sisältävät kasvatusohjelmat johtavat suurempaan luonnonpoistuman osuuteen kuin kahden harvennuksen vaihtoehdot.

Tarkasteltaessa eri kasvupaikkojen välisiä tuotoseroja Etelä-Suomen ilmastossa (kuva 2) havaitaan, että kokonaistuotos lisääntyy loogisesti kasvupaikan parantuessa. Etenkin kokonaan harventamattomissa vaihtoehdoissa erot käyttöpuutuoksessa ovat kuitenkin vähäiset. Harvennusten käyttöönotto lisää parempien kasvupaikkojen ”hyötysuhdetta” selvästi. Pienehköt erot kasvupaikkojen kesken johtuvat osittain myös siitä, että karuilla kasvupaikoilla simuloitu kasvatusaika on ollut pidempi.



Kuva 2. Kasvupaikan ja harvennuksen vaikutus puuston kokonais- ja käyttöpuutuotokseen Keski-Suomen ilmasto-oloissa (1025–1150 dd). Huomaa, että simuloitujen kasvatusajojen lyheneminen karuilla paremmille kasvupaikoille siirryttäessä (ei ilmene kuvasta).

Kasvupaikan ja simulointivaihtoehdoissa sovellettujen kasvatusaikojen vaikutus metsänkasvatuksen kannattavuuteen Etelä-Suomen ilmasto-oloissa selviää suuntaa-antavasti kuvasta 3. Aika-akselilla äärimmäisenä oikealla oleva piste edustaa sitä puuston keskiläpimittaan perustuvaa uudistamisajankohtaa, jota nykyiset metsänhoitosuosittukset edellyttävät. Kasvatusajan lyhentäminen tähän verrattuna jopa 30 vuodella näyttäisi useimmissa tapauksissa parantavan kasvatuksen kannattavuutta selvästi.



Kuva 3. Simuloinnin alusta lasketun kasvatusajan ja korkovaatimuksen vaikutus nettotulojen nykyarvoon (euroa/hehtaari) eri kasvupaikoilla yhden harvennuksen ja kunnostusojituksen sisältävissä kasvatusohjelmissa Etelä-Suomen ilmasto-oloissa (>1150 dd). Pisin kasvatusaika tarkoittaa puuston kasvattamista siihen saakka, kunnes nykyisten metsänhoitosuosituksen uudistamiskeskiläpimitta saavutetaan. Hakuuutulot ja kunnostusojituksen kustannusarvo on diskontattu eri korkokantoja käyttäen simuloinnin aloitushetkeen eli tilanteeseen 15–20 vuotta ensimmäisen ojituksen jälkeen.

## 4 Päätelmät

Suometsien harvennus vähentää luonnonpoistuman osuutta, mutta ei lisää kokonaistuotosta, mikä oli odotettu tulos. Harvennukset kuitenkin nopeuttavat puuston uudistamisjäreiden saavuttamista. Käyttöpuutuo-tonksen lievät lisäykset, harvennushakkuista aiemmin saatavat tulot sekä uudistamisajankohdan aikaistuminen johtavat siihen, että harvennuksia sisältävillä kasvatusohjelmilla saavutetaan jopa kaksinkertaiset nettotulot verrattuna puuston kasvattamiseen kokonaan ilman harvennuksia. Koska hieskoivusta ei useinkaan saada tukkia, koivun poistamien harvennuksissa osoittautui kannattavammaksi kuin sen kasvattaminen pääte-hakkuuseen. Lisäksi simuloinnit antavat viitteitä siitä, että suometsien uudistamisen kriteerejä tulisi selvittää tarkemmin.



# Suometsien kunnostusojitus – kasvureaktion tutkiminen ja kuvaus

*Hannu Hökkä ja Soili Kojola*

## I Johdanto

Kunnostusojituksella tarkoitetaan yleensä vanhojen ojien perkausta ja/ tai täydennysojien kaivua. Kunnostusojitus on merkittävä metsätalouden työlaji, jolla turvataan puuntuotannon kestävyyttä pitkällä aikavälillä. Kansallisessa metsäohjelmassa tavoitellaan noin 110 000 ha:n vuotuista kunnostusojitusala. Samalla myös pyritään pienentämään vesistökuormitusta mm. vesiensuojelua edistävällä ennallistamisella (Kansallinen metsäohjelma 2010, 1999).

Kunnostusojitusten tarve havaittiin jo pian laajamittaisten auraojitusten alettua, jolloin todettiin, että metsäojilla on taipumus rappeutua ajan myötä (Heikurainen 1957). Ojien kunnan heikkeneminen on havaittu useissa myöhemmissäkin tutkimuksissa (esim. Timonen 1983, Lauhanen ym. 1998). Mm. sarkaleveyden, kaivumenetelmän, turpeen maatuoneisuuden ja mineraalimaan laadun on todettu vaikuttavan ojien kunnan heikkenemisen nopeuteen (Timonen 1983, Isoaho ym. 1993). Kunnostustarpeen (ojien heikon kunnan) on todettu luonnollisesti lisääntyvän perusojituksesta kuluneen ajan kuluessa, mutta myös olevan suuremman Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa (Hökkä ym. 2000). Myös suon paksuturpeisuus ja vähäinen kaltevuus aikaistavat tarvetta ojien kunnostukseen. Kunnostusojitustarpeen merkityksestä Heikurainen (1980) toteaa, että jo 15 vuotta vanhoilla ojitusalueilla puiden kasvu oli selvästi taantunut ojien kunnan heikkenemisen vuoksi.

Kunnostusojitukset alkoivat laajassa mitassa kuitenkin vasta, kun työn rahoitus saatiin mukaan valtion avustusjärjestelmään 1980-luvun lopulla. Tutkimukset kunnostusojitustarpeesta sekä kunnostuksen vaikutuksesta puiden kasvuun ja vesistöihin aloitettiin osin samanaikaisesti, osin vain hieman aiemmin kuin käytännön työt. Tästä syystä tutkimustulokset toimenpiteiden vaikutuksista niin vesistöihin (Joensuu 2002) kuin kasvupaikan vesitalouteen (Ahti ja Päivänen 1997) ja puiden

kasvuunkin (Hökkä 1997, Lauhanen ja Ahti 2001, Lauhanen 2002, Hökkä ja Kojola 2002) ovat suhteellisen vähäisiä ja varsin tuoreita.

Erityisesti Pohjois-Suomessa tärkeä kunnostusojituksen toteutukseen liittyvä kysymys on kulloisenkin kunnostustarpeessa olevan metsikön kasvatuskelpoisuus. Ei ole mielekästä sijoittaa lisää rahaa vähätuotoiseen metsikköön, ellei ole selvää, että puiden heikko kasvu johtuu nimenomaan heikosta vesitaloudesta. Tarpeeton investointi voi muodostua odotettuaakin kalliimmaksi, jos vesistövaikutukset vielä sattuvat olemaan arvioitua suuremmat. Ongelmana on kasvatuskelpoisten ja -keltottomien kohteiden erottelu toisistaan. Metsänhoitosuosituksissa tätä rajankäyntiä on pyritty tarkentamaan taulukoilla, joissa ilmoitetaan kasvatuskelpoisen puuston vähimmäismäärä eri kasvupaikoilla ja eri lämpösummavyöhykkeillä (Pohjois-Suomen metsähoitosuosituksukset 2001).

Toisaalta tietyissä tilanteissa puusto voi reagoida voimakkaastikin kunnostusojitukseen, jolloin toimenpiteen kannattavuus voi muodostua varsin hyväksi (Hytönen ja Aarnio 1998, Hökkä ja Kojola 2002). Kunnostusojituksen aiheuttaman kasvureaktion tutkimisessa ongelma kiteytyy vertailukohdan määrittämiseen: kasvureaktio olisi laskettava suhteessa sellaiseen metsikön odotettavaan kehitykseen, jossa ojaltoille ei tehdä mitään toimenpiteitä. Useimmiten meillä ei kuitenkaan ole käsitystä, miten metsikkö eri tilanteissa kehittyy, ainoastaan perusoletus siitä, että suokasvupaikka pyrkii pitkän ajan kuluessa takaisin kohti luonnontilaisen suon vesitaloudellista tilaa.

Tässä artikkelissa tehdään lyhyt yhteenveto niiden tutkimusten tuloksista, joissa on selvitetty kunnostusojituksen kasvureaktion suuruutta, taloudellista edullisuutta sekä tekijöitä, jotka vaikuttavat kasvureaktioon mäntyvaltaisilla rämeillä. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti uusimpia tuloksia kunnostusojituksen kasvureaktiosta inventointiaineistojen pohjalta ja tarkastellaan esimerkin avulla kunnostusojituksella saatavaa lisäkasvua metsikkötasolla. Kunnostusojituksen vesistövaikutuksia ei tässä tarkastella.

## 2 Tuloksia aiemmista tutkimuksista

Periaatteessa puuston kasvureaktion voi odottaa olevan erilainen erilaisissa lähtötilanteissa: nuoren puuston, joka ei vielä ole kärsinyt liikaa ylimääräisestä kosteudesta, voi odottaa reagoivan kunnostusojitukseen voimakkaammin kuin vanhan, pitkään heikoista kuivatusoloista kärsineen puuston. Samoin voimakkaan käsittelyn (täydennysojitus) voi odottaa tuottavan suuremman kasvureaktion kuin lievän käsittelyn (perkaus).



Pisin seurantajakso kunnostusojituksen vaikutuksesta pohjaveden tasoon ja kasvuun on ns. perkauskokeiden koesarjassa (Ahti ja Päivänen 1997), jossa on kaikkiaan 12 koetta maan eri osissa sisältäen perkaus-, täydennysojitus- ja yhdistelmäkäsittelyt sekä joissain kokeissa myös lannoituskäsittelyjä. Tilavuuskasvun kehityksen perusteella Lauhanen (2002) totesi, että perkauskokeissa kunnostusojituksella ei ollut vaikutusta puuston tilavuuskasvuun ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla, mutta seuraavien kahden 5-vuotisjakson aikana tilavuuskasvu jatkuvasti lisääntyi, tuottaen 15 vuoden ajalla keskimäärin pienimmän kasvunlisän perkauskäsittelylle ( $0,33 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ ) ja suurimman yhdistelmäkäsittelylle ( $0,72 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ ) (ks. myös Lauhanen ja Ahti 2001). Kokeittaisen tarkastelun perusteella on voitu päätellä, että erityisesti Pohjois-Suomessa kunnostusojitus on lisännyt puiden suhteellista kasvua. Ahdin ja Lauhasen (2001) mukaan tämä selittyy sillä, että Pohjois-Suomen humidissa ilmastossa puuston kehitys on selkeämmin ojaston kuivatuksen varassa kuin Etelä-Suomessa. Yleisesti siis voimakas käsittely ja pohjoinen sijainti aikaansaivat korkeamman lisäkasvun.

Hytönen ja Aarnio (1998) laskivat kunnostusojituksen erilliskannattavuutta Hökän (1997) laatimalla mallilla simuloimalla em. koesarjan puustojen kehitystä 15 vuotta eteenpäin. Puuston lisäkasvun perusteella lasketut investoinnin sisäiset korot ilman metsänparannustukea olivat perkauksessa keskimäärin 2,5 %, täydennyksessä 6,8 % ja yhdistelmässä 5,5 %. Tuen kanssa vastaavat luvut olivat 7,2 %, 12,9 % ja 10,7 %.

Kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat tarkastelleet äskettäin Hökkä ja Kojola (2002). Tarkastelu perustui seitsemään suometsien harvennuskokeeseen Pohjois- ja Keski-Suomessa, joiden kontrolliruuduilta kerättyjen koepuiden kiekoista analysoitiin sädekasvujen kehitystä enimmillään 13 vuoden ajalta. Kontrolliruuduille oli tehty kunnostusojitus (mutta ei harvennusta) joko täydennysojituksena tai ojien perkauksena kokeiden perustamisen yhteydessä. Sädekasvureaktio vaihteli melko paljon kokeiden välillä. Luokittelemalla sädekasvuja eri tekijöiden suhteen voitiin selvittää, että kasvureaktio oli suurempi, jos:

- metsikön sijainti oli pohjoisessa,
- kasvupaikka oli paksaturpeinen,
- puuston tiheys ei rajoittanut kasvua, tai
- puusto oli nuorta.

Suhteellinen sädekasvu (kunnostuksen jälkeinen jaksoittainen kasvu suhteessa kunnostusta edeltävään 5 vuoden jakson sädekasvuun) ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla ei ollut korkeampi kuin ennen toimenpidettä, mutta toisella viisivuotiskaudella (6–10 v.) yli 40 % ja viimeisellä kolmivuotiskaudella (11–13 v.) vajaa 40 % korkeampi kuin ennen toimenpidettä keskimäärin koko aineistossa (Hökkä ja Kojola 2002).

Tämän ohella Lauhanen ym. (1998) ovat tarkastelleet SINKA-aineiston perusteella kunnostusojitettujen ja kunnostamattomien metsiköiden keskimääräisten tilavuuskasvujen eroja. Kunnostusojitetuilla rämeillä kasvu oli  $1,0 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$  ja korvissa  $1,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$  korkeampi kuin metsiköissä, joissa ei ollut tehty kunnostusta.

### 3 Kasvureaktio inventointiaineistojen perusteella

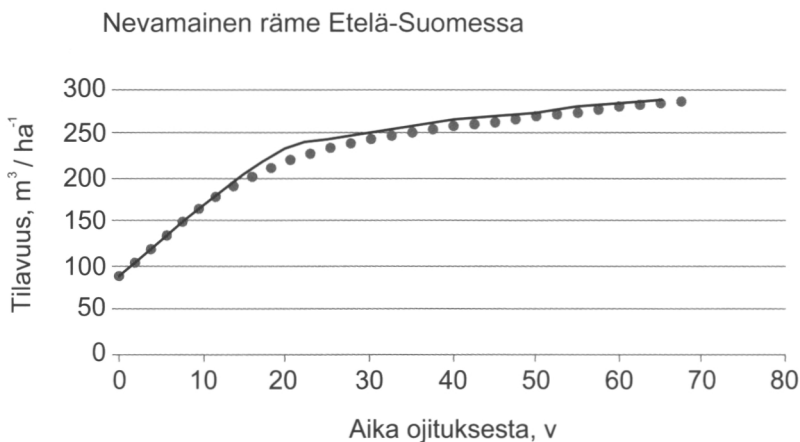
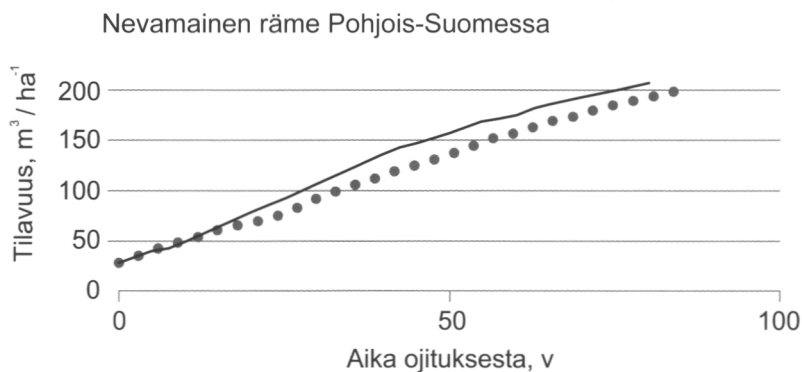
Edellisten tarkastelujen lisäksi metsäojien kunnostusta seuraavaa kasvureaktiota on selvitetty Suo-tutkimusohjelman (Kaunisto 2002) kuluessa inventointiaineistojen perusteella. Tavoitteena on ollut päästä lähemmäs keskimääräistä kasvunlisäystä käytännön ojituskohteissa, joissa ei voida saavuttaa samaa kuivatuksen tehoa kuin järjestetyissä kokeissa. Aineiston valtaosa koostui suometsien pysyvistä SINKA-kasvukoaloista Pohjois- ja Keski-Suomesta sekä kyseistä selvitystä varten erikseen kerätystä inventointikoeala-aineistosta, jossa oli koealoja koko maasta. Lisäksi siihen kuuluivat em. perkauskokeet ja harvennuskokeiden kontrollikoealat.

Analyysissä muodostettiin kasvumalli, jolla selitettiin metsikkötason pohjapinta-alan 5 vuoden kasvua puuston pohjapinta-alalla, runkoluvulla, keskilämpimillä, lämpösummalla ja kasvupaikalla. Tavoitteena oli erotella kunnostusojituksen vaikutus muista kasvuun vaikuttavista tekijöistä. Koealoilla, joilla oli tehty kunnostusojitus (perkausta ja täydennystä ei voitu erottaa), kasvureaktio kuvattiin mallissa tekijänä, johon vaikuttivat toimenpiteestä kulunut aika ja kasvupaikka. Sekatyyppin soilla reaktio oli erilainen kuin aidoilla rämeillä. Vertailu muodostui koealoista, joissa ei ollut tehty mitään riippumatta siitä, oliko niissä kunnostuksen tarvetta vai ei.

Mallin mukaan metsikkötason pohjapinta-alan kasvu lisääntyi kunnostetuissa metsiköissä, ja vaikutus hävisi 25–30 vuoden kuluessa. Lisäkasvun maksimi osui 5–10 vuoden välille ja oli enimmillään n. 30 % korkeampi kuin jos kunnostusta ei olisi tehty. Tämän jälkeen mallilla ennustettiin pohjapinta-alan kehitys kunnostuksen jälkeen ja ilman kunnostusta samanlaisista alkutilanteista. Kasvujen erotukset muutettiin suhteellisiksi lisäkasvuiksi 5-vuotisjaksoittain ja taulukoitiin kasvupaikan, lämpösumman ja kunnostushetken pohjapinta-alan luokkiin.

Mallilla tehdyn simuloinnin mukaan keskiravinteisella rämeellä kunnostusojitus nopeutti tilavuuskehitystä enemmän Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa (kuva 1). Esimerkkimetsikössä 15 vuoden kuluttua kunnostuksesta ero tilavuudessa kunnostetun ja kunnostamattoman välillä oli  $13 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  ( $0,86 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ ) Pohjois-Suomessa ja Etelä-Suomessa  $8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  ( $0,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ ).

Mallin antama ennuste on melko yhdenmukainen aiempien tutkimustulosten kanssa reaktion suuruuden suhteen. Se on samaa tasoa kuin Lauhasen (2002) laskema 15 vuoden eri käsittelyjen keskikasvu perhe-kasvokoeaineistossa ( $0,33\text{--}0,76\text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$ , käsittelystä riippuen).



Kuva 1. Esimerkki kunnostusojitetun metsikön tilavuuskehityksestä (yhtenäinen viiva) nevamaisella rämeellä (PtkglI) Pohjois-Suomessa ( $dd < 900\text{ }^\circ\text{C}$ ) ja Etelä-Suomessa ( $dd > 1150\text{ }^\circ\text{C}$ ) sekä vastaavasta kehityksestä ilman kunnostusojitusta (katkoviiva). Tilavuuskehitys on simuloitu kasvureaktiota kuvaavalla mallilla.

## 4 Kunnostusojitus metsikön kasvatustoimenpiteenä

Nykyisen tutkimustiedon pohjalta näyttää ilmeiseltä, että mäntyvaltaisilla rämeillä kunnostusojituksella on lähes aina jäävän puuston kasvua lisäävä vaikutus ja sen suuruus vaihtelee kohteen maantieteellisen sijainnin, kasvupaikan laadun ja puuston kunnan mukaan. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus on hyvä, etenkin jos valtion tuki otetaan huomioon (Hytönen ja Aarnio 1998). Lisäkasvulla on merkitystä harkittaessa myös metsikön kasvuskelpoisuutta, sillä kehitys kunnostuksen jälkeen tulee 20–30 vuoden ajan olemaan edeltävää kehitystä nopeampi. Poikkeuksen voivat muodostaa Etelä-Suomen korvet ja runsaspuustoiset rämeet, joissa kuivatuksen tilaan vaikuttavat varsin paljon puuston latvuspidentä ja haihdunta, eikä vesitalouden tila välttämättä ole suoraan riippuvainen ojien ulkoisesta kunnosta.

Edellä kuvatun mallin avulla kunnostusojitusta voidaan simuloida metsäsuunnittelussa yhtenä metsänhoitotoimenpiteenä esim. harvennuksen ohella. Todennäköisesti yleisin käytännön tilannehan on kunnostusojituksen toteuttaminen metsikön harvennuksen yhteydessä. Varsin todennäköisesti mallilla saadaan kasvuennusteeseen mukaan sitä todellista vaihtelua, mitä eri oloissa tehdyt kunnostusojitukset tuottavat. Malli on liitetty MOTTI-simulaattoriin ja sitä on sovellettu laskentaessa suometsien kasvatusohjelmia MOTTI-ohjelmistolla (Penttilä ym. 2003). Niissä kunnostusojituksia on simuloitu 1–2 kpl kiertoaikana ja niiden tuottama kasvunlisä on otettu huomioon puuston kehityksessä. Taloustarkasteluissa myös kunnostusojituksen kustannukset on otettava huomioon. Mallia ollaan liittämässä mukaan myös MELAan.

Kaiken kaikkiaan kunnostusojitusmallin ennustetta voidaan pitää varovaisena, ja sen suuruuteen vaikuttaa nimenomaan vertailuna käytetty metsikkökehitys, johon taas vaikuttavat sellaisetkin metsiköt, joissa kunnostustarvetta ei ollut. Se, mitä malli ei kykene kuvaamaan, on poikkeuksellisen voimakas kasvureaktio ja toisaalta voimakas kasvun taantuma, ellei ojituksen tilaan puututa. Puuston kehityksen ennustaminen näissä tilanteissa edellyttää lisää selvityksiä mm. siitä, miten puuston määrä vaikuttaa ojitusalueen vesitalouteen. Tässä yhteydessä voisi olla hyödyllistä tarkastella kunnostusojitustarvetta suon vesitaseen kanalta (vrt. Ahti 1987).

## Kirjallisuus

- Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Seloste: Ojitettujen soiden vesitaseen arvioiminen lumettomana aikana pohjavesipinnan simulointimallin avulla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 141. 64 s.
- & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forests drainage area. Julkaisussa: Trettin, C., Jurgensen, M. F., Grigal, D. F., Gale, M. R. & Jeglum, K. J. (toim.). *Northern forested wetlands. Ecology and management.* CRC Press. s. 449–457.
- Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnan säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and the maintenance of their repair. *Acta Forestalia Fennica* 65. 45 s.
- 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand in peatlands drained 20 years ago. *Acta Forestalia Fennica* 167. 39 s.
- Hökkä, H. 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 651. 45 s.
- , Alenius, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. Summary: Kunnostusojitustarpeen ennustaminen ojitusalueilla. *Suo* 51(1): 1–10.
- & Kojola, S. 2002. Kunnostusojituksen kasvureaktioon vaikuttavat tekijät. Julkaisussa: Hiltunen, A. & Kaunisto, S. (toim.) 2001. *Suometsien kasvatuksen ja käytön teemapäivät 26.-27.9.2001 Joensuu.* *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 832: 30–36.
- Hytönen, L. A. & Aarnio, J. 1998. Kunnostusojituksen erilliskannattavuus muutamilla karuhkoilla rämeillä. Summary: Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. *Suo* 49(3): 87–99.
- Isoaho, P., Lauhanen, R. & Saarinen, M. 1993. Metsäojien jatkuvan kunnossapidon vaikutus ojitusalueiden tilaan Keski-Pohjanmaalla. Abstract: Effects of continuous ditch network maintenance on the condition of forest drainage areas in Central Ostrobothnia district. *Suo* 44: 33–57.
- Joensuu, S. 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. Seloste: Kunnostusojituksen vaikutus kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumiseen suometsistä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 868. 83 s. + liitteet.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 2/1999. Helsinki. ISBN 951-19332-3. 38 s.
- Kaunisto, S. 2002. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käytön ja kasvatuksen ohjelma. Julkaisussa: Hiltunen, A. & Kaunisto, S. (toim.). *Suometsien kasvatuksen ja käytön teemapäivät. 26.-27.9.2001 Joensuu.* *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 832: 30–36.

- Lauhanen, R. 2002. Decision support tools for drainage maintenance planning on drained Scots pine mires. University of Joensuu, Faculty of Forestry. Research notes 139. 53 s.
- & Ahti, E. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands. Tiivistelmä: Kunnostusojituksen vaikutus rämemänniköiden kehitykseen. Suo 52: 29–38.
- , Piironen, M-L., Penttilä, T. & Kolehmainen, E. 1998. Kunnostusojitustarpeen arviointi Pohjois-Suomessa. Summary: Evaluation of the need for ditch network maintenance in northern Finland. Suo 49(3): 101–112.
- Penttilä, T., Ahtikoski, A., Kojola, S. & Hökkä, H. 2003. Suometsien kasvatuksen vaihtoehdot ja taloudellinen kannattavuus. Julkaisussa: Jortikka, S., Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). Soilla ja kankailla – Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 903: 7–11.
- Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksset 2001. Kajaanin Kirjapaino Oy. 60 s.
- Timonen, E. 1983. Havainnot auraus- ja kaivuriojien mitoista ja kunnosta soilla. Summary: The size and condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands. Suo 34: 29–39.

# Kunnostusojituksen vaikutukset valumavesien ominaisuuksiin

*Samuli Joensuu*

## I Vesistöjemme kuormituslähteet

Vesistön kuormituksella tarkoitetaan joko luontaisesti tai ihmistoiminnan vaikutuksesta vedessä olevaa kiintoaineksen ja ravinteiden, ennen kaikkea typen ja fosforin määrää. Kiintoaineksen lisääntyminen vedessä merkitsee yleensä veden samentumista hienoaineksesta, karkean aineksen kulkeutumista uoman pohjalla ja aineksen sedimentoitumista virtauksen hidastuessa. Ravinteiden lisääntyminen vedessä johtaa yleensä vesistön rehevöitymiseen, levien runsastumiseen ja kasvillisuuden lisääntymiseen. Tällä taas saattaa olla vaikutuksia muun muassa vesistön happitilanteeseen, kalojen ja muiden vesieliöiden viihtymiseen sekä vesistön virkistyskäyttöön. Myös virtaavissa vesissä voi kuormituksen johdosta tapahtua rehevöitymistä ja siihen liittyviä kalastohaittoja.

Vesistöjemme suurimmat kuormittajat ovat maatalous, yhdyskunnat, haja-asutus, teollisuus, metsätalous ja kalankasvatus. Metsätalouden aiheuttama kuormitus näkyy eniten latvavesissä, lähellä kuormituslähdettä. Metsätalouden osuus vesistöjen kokonaisfosforikuormituksesta on keskimäärin 8 %. Vastaava osuus kokonaistyyppikuormituksesta on noin 5 %. Metsätalouden fosforikuormituksen arvioidaan vastaavan lähes haja- ja loma-asutuksesta tulevaa kuormaa. Haja- ja loma-asutuksen aiheuttaman tyyppikuormituksen osuus on sen sijaan hieman pienempi. Esimerkiksi maatalouden osuudeksi kokonaisfosforikuormituksesta on arvioitu lähes 60 % ja kokonaistyyppikuormituksesta 49 %. Metsätalouden aiheuttama fosforikuormitusosuus on suurinta, lähes 25 % kokonaisfosforikuormituksesta Pohjanlahden rannikkovesissä.

## 2 Vesiensuojelun ohjaus

Metsätalouden toimenpiteistä lähinnä kunnostusojitus, hakkuut, maanmuokkaus ja lannoitus aiheuttavat vesistökuormitusta. Viime vuosikymmenellä kunnostusojitusta tehtiin vuosittain keskimäärin noin 75 000 hehtaaria. Vuonna 1999 hyväksytyn Kansallisen metsäohjelman 2010 mukaan kunnostusojituksen määrään odotetaan nousevan vuositasolla 110 000 hehtaariin vuosina 2000–2010.

Vesiensuojelun periaatteet pyrittiin metsäojituksessa ottamaan huomioon ja vesiensuojelusta annettiin ohjeita jo 1960- ja 1970-lukujen taitteessa, jolloin ojituksen aiheuttamiin tulva- ja eroosiohaittoihin alettiin vesihallinnossa kiinnittää huomiota. Lisäksi Kansainvälisen Jälleenrakennuspankin MERA-ohjelmaa varten 1970-luvun alussa myöntämän lainan ehdoissa edellytettiin, ettei metsäojituksesta saa aiheutua haitallisia vesistövaikutuksia. Metsätalouden vesiensuojelun edistäminen oli esillä 1980-luvulla vesihallinnon ohjeissa sekä valtion- ja yksityismetsien metsänhoitosuosituksissa. Yksityismetsätalouden vesiensuojelua tehostettiin vuonna 1992, jolloin vesiensuojeluohjeisto päivitettiin ja hanketohtainen vesiensuojelusuunnitelma otettiin käyttöön kunnostusojituksessa. Edelleen metsäorganisaatioiden viimeisimmissä metsätaloutta ja erityisesti kunnostusojitusta koskevissa suosituksissa ja tarkastusohjeissa on korostettu vesiensuojelun tärkeyttä.

Metsäojituksen ympäristöhaittoihin liittyvät ensimmäiset tutkimukset aloitettiin 1970-luvun alkupuolella. Runsaat kaksi vuosikymmentä sitten Pohjois-Karjalassa aloitettu kuuden purovaluma-alueen seurantaan perustuva Nurmes-tutkimus on toistaiseksi pitkäaikaisin metsätalouden vesistöhaittoja koskeva tutkimus. Vuonna 1990 käynnistyi viisivuotinen tutkimusprojekti, METVE, jonka tarkoituksena oli selvittää metsäojituksesta, erityisesti kunnostusojituksesta sekä hakkuista, maanmuokkauksesta ja lannoituksesta aiheutuvia vesistöhaittoja ja kuormituksen suuruutta.

Metsälakia, metsänparannuslakia ja luonnonsuojelulakia muutettiin vuoden 1996 lopulla. Lisäksi vesilainsäädäntöön tehtiin useita perustavanlaatuisia muutoksia viime vuosikymmenellä ja säädettiin ympäristönsuojelulaki vuonna 2000. Metsäsertifiointia varten on laadittu kansalliset kriteerit, joissa on myös kunnostusojitusta koskevia kriteereitä. Kansallisen metsäohjelman 2010 laadinnan yhteydessä tarkasteltiin myös ohjelman toteutuksen mahdollisesti aiheuttamia ympäristövaikutuksia.

Kansallisen metsäohjelman 2010 ympäristövaikutusten arvioinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, miten ohjelmassa pystytään toteuttamaan Suomessa hyväksytty vesiensuojelun tavoiteohjelma. Vesiensuojelun tavoite- ja toimenpideohjelmilla pyritään parantamaan muun muassa Itämeren tilaa. Tämän johdosta vesiensuojelun tavoiteoh-



jelmassa edellytetään, että muiden toimijoiden ohella metsätalous puollittaa typpi- ja fosforipäästönsä vuoden 1993 tasosta vuoteen 2005 mennessä.

### 3 Kunnostusojituksessa huolehditaan vesiensuojelusta

Nykyiset metsänhoidon ja erityisesti kunnostusojituksen ohjeistot korostavat vesiensuojelua. Yleensä tavoitteena on kiintoaineksen huuhtoutumisen vähentäminen. Kunnostusojituksessa tehtävien vesiensuojelutoimenpiteiden tavoitteena on, että ojaeroosiota on mahdollisimman vähän ja että veden mukana kulkevasta kiintoaineksesta saadaan mahdollisimman paljon pysäytetyksi ennen kuin vedet virtaavat vesistöön. Tavoitteena on, että myös osa kunnostusojituksen aiheuttamasta ravinnekuormituksesta saadaan pysähtymään.

Kunnostusojitushankkeen suunnittelussa selvitetään ojitusalueella mahdollisesti olevat pohjavesialueet, arvokkaat pienvedet, lähteet ja muut ojituksessa huomioon otettavat kohteet. Tärkeää on määrittää ojitusvesien purkukohtien ja sopivien vesiensuojelumenetelmien sijoituspaikat. Syöpyneitä ojia ei kunnostusojituksen yhteydessä yleensä perata, koska ne ovat kuivatuksen kannalta jo riittävän syviä ja toisaalta perattuina huomattava eroosioriski. Melko usein myös laskuojat jätetään perkaamatta, mikäli arvioidaan, että niiden vedenjohtokyky on säilynyt riittävän hyvänä.

Ojaeroosioon vaikuttavat lähinnä ojien pituuskaltevuus, veden virtausnopeus, maalaji sekä ojakohtaisen veden määrä eli virtaama. Ojien pituuskaltevuuteen voidaan vaikuttaa suuntaamalla ne vinosti maaston kaltevuuteen nähden. Veden virtausnopeuteen voidaan vaikuttaa myös jättämällä ojaan kaivu- tai perkauskatkoja tai rakentamalla ojien pohjille porrastuksia ja pohjapatoja. Syöpymisen vähentämisen lisäksi nämä keräävät vedestä ainakin karkeaa kiintoainesta.

Pintavalutuskenttiä ja suoimeytystä on aikaisemmin käytetty lähinnä asutuksen jätevesien puhdistukseen. Pintavalutusta on sovellettu jo pitkään turvetuotantoalueiden vesiensuojelumenetelmänä. Se on tehokas menetelmä erityisesti veden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen pidättäjänä sekä kiintoainekseen sitoutuneiden ravinteiden vähentäjänä. Pintavalutukseen perustuvia menetelmiä hyödynnetään jossakin määrin tällä hetkellä käytännön kunnostusojituksessa.

Lietekuoppia ja laskeutusaltaita kaivetaan kunnostusojitushankkeilla vähentämään ojankaivusta aiheutuvien lietteiden kulkeutumista vesistöihin. Altaiden toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastumiseen ja kiintoaineksen laskeutumiseen altaan pohjalle.

## 4 Miten kunnostusojitus näkyy valumaveden laadussa?

### 4.1 Tutkimusalueet ja menetelmät

MMM:n rahoittamana ja Tapion, Metlan ja metsäkeskusten yhteistyönä on viime vuosikymmenen alusta lähtien seurattu kunnostusojituksen vaikutuksia valumaveden laatuun. Samoin on seurattu laskeutusaltaiden ja pintavalutuskenttien toimivuutta. Vanhojen ojitusalueiden valumavesiä koskevat tulokset perustuvat eri puolilla Suomea 75 ojitusalueella ennen kunnostusojitusta tehtyihin havaintoihin. Kunnostusojituksen vaikutuksista valumaveden laatuun tehtiin 1–3 vuoden ajan havaintoja noin 40 alueella. Näistä 37 alueella kaivettiin laskeutusallas, jonka toimivuutta seurattiin. Kullakin toimenpidealueella oli sitä vastaava vertailualue, jolle ei tehty kunnostusojitusta. Vertailualueelta otettiin vesinäyte samanaikaisesti toimenpidealueen kanssa. Pitkän ajan tarkastelussa (kuusi vuotta) oli edellä mainitusta joukosta 23 toimenpidealuetta ja niitä vastaavat vertailualueet. Tutkimus ajoittui vuosiin 1990–1998. Vuodesta 1995 lähtien on perustettu pintavalutuksen seuranta-alueita. Näitä alueita oli laajimmillaan seurannassa noin viisitoista.

Tutkimus perustui viikoittaiseen näytteenottoon sulan maan aikana sekä kaksi kertaa viikossa tapahtuvaan näytteenottoon kevättulvien yhteydessä. Virtaama havainnoitiin jokaisella näytteenotokerralla tutkimusalueille rakennetuista Thompsonin 90° ylisyöksypadoista. Valuma-alueet rajattiin alustavasti kartalla korkeuskäyrien perusteella ja rajausta muutettiin maastotarkastuksen mukaisesti. Alueilla inventoitiin puustoja kasvupaikkatunnukset sekä tehtiin ojittainen maaperäkartoitus.

### 4.2 Tuloksia

Kunnostusojituksen vaikutukset näkyvät erityisesti kiintoainespitoisuuden kasvuna välittömästi kaivun jälkeen ja erityisesti ensimmäisenä kevättulvakautena. Sen sijaan valumaan kunnostusojituksella ei näyttänyt sanottavasti olevan vaikutusta. Kiintoainekuormitus on kunnostusojituksen jälkeisen kolmen ensimmäisen vuoden aikana keskimäärin yhteensä 500–1000 kg kunnostusojitushehtaaria kohti. Kiintoaineksen maksimipitoisuudet ylittivät kunnostusojituksen jälkeen 2000 mg l<sup>-1</sup>, kun kalibrintijakson keskiarvo oli 4,9 mg l<sup>-1</sup> ja mediaani 2,4 mg l<sup>-1</sup>. Hienolajitteisten maalajien suuri osuus ojien maalajeista lisäsi kiintoainekuormitusta selvästi. Näillä alueilla kiintoainespitoisuuden ja -kuormituksen lisääntyminen näkyi myös pitkään kunnostusojituksen jälkeen. Vastaavasti maatumattomilla turpeilla kiintoainekuormitus oli vähäistä kunnostusojituksen jälkeen. Karkeilla kivennäismailla ja paksuturpeisilla alueilla valumaveden kiintoainespitoisuus palautui lähelle lähtötasoa 3–4 vuodessa kunnostusojituksesta.

Kiintoaineksen ohella kunnostusojitus lisää kasveille käyttökelpoisen ammonium- ja nitraattityypen kuormitusta. Heikosti maatuneen turpeen osuus ojaprofilissa selittää osaltaan typpipitoisuuden nousua. Valumaveden mineraalityppipitoisuus kohosi kunnostusojituksen jälkeen ja pysyi vertailualueen keskimääräistä tasoa ylempänä koko kunnostusojituksen jälkeisen kuuden vuoden jakson ajan. Vastaavasti orgaanisen tyyppien pitoisuus aleni kunnostusojituksen jälkeen ja pysyi vertailualueen vastaavaa tasoa alhaisempana koko kuuden vuoden tarkastelujakson ajan.

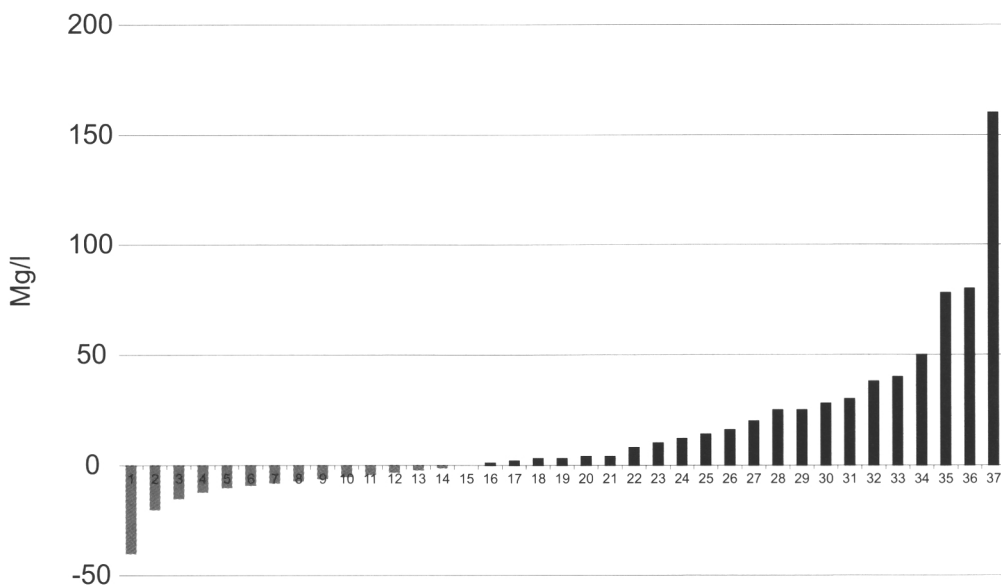
Kunnostusojitus lisää kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja natriumin kuormitusta. Kunnostusojitus lisää myös fosforin kuormitusta. Kuitenkin lähes kaikki fosfori on sitoutuneena kiintoainekseen, eikä siten ole kasveille välittömästi käyttökelpoisessa muodossa. Hienolajitteisten maalajien osuus selittää fosforipitoisuuden kasvua. Liukoista eli kasveille suoraan käyttökelpoista fosforia kunnostusojitus ei lisää.

Kunnostusojituksen jälkeen rauta- ja alumiinipitoisuudet saattavat paikallisesti olla ajoittain koholla. Rauta- ja alumiinipitoisuuden lisääntyminen liittyy usein hienolajitteisten maalajien runsauteen. Kunnostusojitus vähentää selvästi liuennun orgaanisen aineksen (humuksen) huuhtoutumista. Toisaalta kunnostusojitus nostaa valumaveden pH-arvoa. Kalibrintijakson valumaveden keskimääräinen pH-arvo oli 5,6. Välittömästi kunnostusojituksen jälkeen valumaveden keskimääräinen pH-arvo nousi 0,6 yksikköä ja oli 0,3 yksikköä korkeammalla tasolla kuin kalibrintijaksolla vielä kuuden vuoden jälkeen kaivusta.

Laskeutusallastekniikka perustuu painovoimaan ja hiukkasten luontaiseen kerääntymiseen eli sedimentaatioon. Hienojakoisimpien ainesten kuten saven ja hienon hiesun laskeutumisenopeus on niin hidas, että käytännössä nämä raekoot eivät sedimentoidu laskeutusaltaisiin. Runsas puolet edellä käsitellyn tutkimusaineiston laskeutusaltaista vähensi kunnostusojitusalueilta tulevaa kiintoainespitoisuutta. Keskimäärin pitoisuus pieneni runsaalla 18 %:lla. Hyvin toimineissa altaissa (20 kpl) kiintoainespitoisuuden pieneneminen oli keskimäärin noin 28 % (kuva 1). Vain vajaalla viidenneksellä tämän tutkimuksen altaista keskimääräinen saanto oli yli puolet kiintoainepitoisuudesta, mitä jo voidaan pitää hyvänä tuloksena. Melko suuri osa altaista toimi huonosti altaan kaivuvuotena. Tämä johtui osin seinämien sortumista tai liettymisestä ja siitä, että allas oli kaivettu syvälle hienojakoiseen pohjamaahan. Kaivuvuotta seuraavana vuotena altaiden toiminta yleensä parani seinämien lujittumisen ansiosta.

Altaiiin laskeutuu lähinnä hienoa hietaa ja sitä karkeampia lajitteita. Noin puolet altaiden laskeutustilavuudesta täyttyi vuodessa noin 20 %:lla tutkimuksen altaista. Kahdesta neljään allasta jouduttiin tyhjentämään kerran vuodessa täyttymisen vuoksi. Kunnostusojituspinta-ala yhdessä laskeutusaltaan tilavuuden kanssa selitti yli 60 % lietekertymän

## METVE-tutkimusaltaiden pidätyskyky



Kuva 1. Tutkimuksessa seurattujen laskeutusaltaiden toimivuus. Miinusmerkki osoittaa, että altaasta lähti enemmän ainesta liikkeelle kuin sinne tuli. Altainen mitoitus perustui 1990-luvun alun suosituksiin, jolloin mitoitusperusteena oli 1–2 m<sup>3</sup> lietetilaa/valuma-aluehehtaari. Nykyisen tiedon perusteella altaat tulisi mitoittaa kevään maksimiylivaluma-arvioon perustuen.

vaihtelusta. Kun tunnetaan altaaseen tulevan valumaveden keskimääräinen kiintoainespitoisuus ja maksimivirtaama allastilavuuden lisäksi, voidaan selittää runsaat 80 % altaiden aineskertymän vaihtelusta.

Pintavalutuskentistä saadut kokemukset ovat kiintoaineksen pidättymisen kannalta rohkaisevia. Niillä voidaan parhaimmillaan pidättää lähes kaikki kunnostusojitusalueelta tuleva kiintoainekes. Tämä edellyttää kuitenkin käytännössä sitä, että pintavalutuskentän hyötypinta-ala eli se ala, jonka läpi valumavesi suodattuu, on useita prosentteja valuma-alueen pinta-alasta. Noin 70 %:n pidätyskykyyn päästään, mikäli pintavalutuskentän hyötypinta-ala on vähintään yksi prosentti valuma-alueen pinta-alasta.

## 5 Tutkimustieto hyödyttää käytäntöä

Metsäojitus ja ojien myöhempi kunnostus lisäävät ainakin hetkellisesti eroosiota ja kiintoaineksen huuhtoutumista. Yksittäisessä sarkaojassa virtaamat ovat tavallisesti pieniä, jolloin syöpyminen ja ainesten kul-

keutuminen on vähäistä. Sen sijaan suuria vesimääriä keräävissä kokooja- ja laskuojissa tapahtuu eroosiota. Ensikertaisessa ojituksessa kaivu-aikainen kiintoaineskuormitus riippuu muun muassa suon sisältämän veden määrästä, turpeen maatuneisuudesta, kaivuajankohdan sääoloista sekä kaivettavaan uomaan purkautuvista vesimääristä. Myös kaivua seuraavien tulvakausien aikana on havaittu korkeita valumaveden kiintoainepitoisuuksia. Kaivuaikana orgaanisen kiintoaineen määrät ovat yleensä korkeita, kun taas kevättulvakaudella kivennäismaa-ainesta huuhtoutuu eniten. Niin sanotut routivat kivennäismaalajit; hiesu, hie-ta ja hieno hiekka lähtevät tällöin herkimmin liikkeelle. Saveen kaive-tut ojat eivät ole edellä mainittujen maalajien tavoin niin herkkiä syöpy-mään, mutta savi aiheuttaa veden pitkäaikaista samentumista (kuvat 2–3). Turpeen alapuolisen kivennäismaan syöpyminen saattaa lisätä tur-veaineen huuhtoutumista uomien sortumisen vuoksi. Eloperäisistä maalajeista taas lieju, muta ja pitkälle maaton turve syöpyvät herkim-min.

Ojien kaivun yhteydessä liikkeelle lähtevän kiintoaineen määrä vähenee esimerkiksi maatumattomaan turpeeseen kaivetussa ojissa sel-västi jo muutaman tunnin kuluttua kaivun päättymisestä ja kiintoaineen määrä on muutamien päivien päästä huomattavasti vähäisempi välittö-mästi kaivun aikana tapahtuvaan huuhtoutumaan verrattuna.

Kunnostusojituksen vaikutukset valumavesien kiintoainepitoisuuteen ovat samansuuntaiset kuin uudisojituksenkin. Kunnostusojituskohteilla



Kuva 2. Herkästi syöpyvät maalajitteet laskeutuvat virtauksen hidastuessa ojiin.



Kuva 3. Ellei mitään vesiensuojelutoimenpiteitä tehdä, kunnostusojituksessa liikkeelle lähtenyt aines saattaa kasautua vesistöihin.



Kuva 4. Pintavalutuksella voidaan saada lähes kaikki kiintoaines pysähtymään ennen vesistöä. Pintavalutus voidaan saada aikaan esimerkiksi jättämällä vanhat ojat perkaamatta pitkältä matkalta ennen lampea.

on ensikertaista ojitusta helpompaa todeta eroosioherkät alueet vanhojen ojien muodonmuutoksista. On toisaalta mahdollista, että vanhojen ojaluisien ja ojanpohjien turpeen lisääntynyt maatuneisuus sekä turvekeroksen oheneminen lisäävät eroosioherkkyyttä kunnostusojituksessa.

Vesiensuojelun tavoiteohjelmassa vuoteen 2005 mainittu metsätalouden aiheuttama fosforipäästöjen puolittamistavoite on mahdollista saavuttaa, mikäli vesiensuojelussa keskitytään kiintoaineshuhtoutuman vähentämiseen. Tyypellä vastaava tavoite on erittäin haasteellinen.

Riittävän laajoilla ja tehokkailla suodatukseen perustuvilla menetelmillä, pintavalutus kentillä, suojavyöhykkeillä (kuva 4) tai laskeutusaltaiden ja pintavalutus kenttien yhdistelmällä kunnostusojituksesta aiheutuvaa kiintoaineshuhtoutumaa saadaan oleellisesti vähennettyä. Pintavalutus kenttä vaatii kuitenkin hyvää suunnittelua. Ojitusalueiden vähäinen kaltevuus on usein pintavalutus kentän käytön suurin este. Lisäksi maapinta-alan menetys vesiensuojelun takia nähdään usein vaikeana kynnyksenä.

Laskeutusaltaiden teho perustuu aineiden laskeutumiseen altaiden pohjalle. Jotta altaiden tehoa ravinteiden pidättäjinä voitaisiin parantaa, altaita tulisi kehittää enemmän kosteikko-periaatteella toimiviksi, jolloin jo perustamisen yhteydessä niihin pyrittäisiin saamaan kasvillisuutta sitomaan ravinteita. Menetelmä lähenee näin ollen pintavalutusta. Rakennetut kosteikkoratkaisut vaativat kuitenkin jatkotutkimusta.

Kunnostusojitushankkeissa pitäisi entistä paremmin olla selvillä turpeen paksuudesta ja sen maatuneisuudesta sekä turpeen alla olevan kivennäismaan laadusta. Hienoaineksen määrän selvittämisestä on hyötyä arvioitaessa kunnostusojituksesta mahdollisesti aiheutuvia fosforihuhtoutumariskejä. Tuntemalla ojitusalueen maalajijakauma ja tämän lisäksi analysoimalla muutama vesinäyte ennen kunnostusojitusta voidaan karkeasti ennustaa kiintoaineksen, fosforin ja typen pitoisuuksien kehitys välittömästi kunnostusojituksen jälkeen.

Edellä kuvattujen tutkimusten tuloksia on jo niiden kestäessä otettu huomioon käytännön suosituksissa. Esimerkiksi laskeutusaltaiden valuma-alueyksikköä kohti tulevaa laskeutusallastilavuutta on lisätty. Samoin laskeutusaltaiden sijoitteluun on kiinnitetty huomiota. Altaita ei suositella kaivettavaksi savi- tai silttipitoiseen pohjamaahan. Mikäli mahdollista, altaan luiskat ja pohja tulisi olla kokonaan turpeessa. Tutkimustulokset viittaavat lisäksi vahvasti siihen, että laskeutusaltaiden mitoituksen tulee jatkossa perustua valuma-aluekohtaiseen vesimäärään.

Toisaalta laskeutusaltaiden kyky pidättää erityisesti hienoainesta on rajallinen allaskoosta riippumatta. Runsaasti hienoja kivennäismaalajitteita sisältävillä alueilla voidaankin näiden tutkimusten perusteella suositella ensisijaisesti suodatukseen perustuvien vesiensuojelumenetelmien käyttöä tai laskeutusaltaiden ja suodatukseen perustuvien menetelmien samanaikaista käyttöä.

Ympäristövaikutusten seuranta ja hallinta tulevat jatkossa entistä tärkeämmiksi metsätalouden toimenpiteiden yhteydessä. Muun muassa EU:n uusi vesipolitiikan puitteiden direktiivi (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY) lisää entistä enemmän tarvetta tuntee metsätalouden toimenpiteiden ympäristövaikutuksia. Vesipuitteiden mukaan pyritään kaikissa jäsenvaltioissa vesistöjen hyvään tilaan vuoteen 2015 mennessä. Vesistöt luokitellaan nykykäytännöstä poiketen käyttäen pääkriteerinä vesistön ekologian tilaa. Maa jaetaan vesienhoitoalueisiin, joissa vesipuitteiden toteutusaikataulun puitteissa vesistöjen nykytila arvioidaan ja asetetaan tavoite, johon hoitosuunnitelmien avulla pyritään. Hoitosuunnitelmat edellyttävät kuormitusläheteiden ja kuormitustason tuntemista. Todennäköistä onkin, että esimerkiksi kunnostusohjelmien ja muiden metsätaloustoimenpiteiden suunnittelussa joudutaan jatkossa yhä enemmän arvioimaan toimenpiteen ympäristövaikutuksia ja seuraamaan hankkeiden toteutuksen yhteydessä esimerkiksi vedenlaadun muutoksia.

## Kirjallisuus

- Ahti, E., Joensuu, S. & Vuollekoski, M. 1995. Laskeutusaltaiden vaikutus kunnostusohjelmien kiintoainehuuhtoutumaan. Julkaisussa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2. Suomen ympäristökeskus. s. 139–156.
- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Summary: The effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality of forest brooks. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja A 45. 122 s.
- & Huttunen, P. 1999. Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environment Research* 4: 101–114.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23. lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista.
- Metsätalustilastollinen vuosikirja 1999. Metsätutkimuslaitos. 352 s.
- Hildén, M., Kuuluvainen, J., Ollikainen, M., Pelkonen, P. & Primmer, E. 1999. Kansallisen metsäohjelman ympäristövaikutusten arviointi. Loppuraportti 17.9.1999. Maa- ja metsätalousministeriö. 76 s. + liitteet.
- Joensuu, S. 1999. Ojitettujen soiden puuntuotanto ja ympäristönhoito. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 50 s.
- 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 868: 83 s. + liitteet.
- Kauppi, P. & Bäck, S. (toim.). 2001. The state of Finnish coastal waters in the 1990s. Suomen ympäristö 472. 134 s.



- , Korhonen, M., Pitkänen, H., Kenttämies, K., Rekolainen, S. & Kotilainen, S. 2001. Loading of pollutants. Julkaisussa: Kauppila, P. & Bäck, S. (toim.). The state of Finnish coastal waters in the 1990s. Suomen ympäristö 472: 15–29.
- Kenttämies, K. 1987. Metsäojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus valumavesien ominaisuuksiin. Julkaisematon käsikirjoitus. Helsingin yliopisto, Limnologian laitos. 36 s.
- & Saukkonen, S. 1996. Metsätalous ja vesistöt. Yhteistutkimusprojektin ”Metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta” (METVE) yhteenveto. MMM:n julkaisu 4/1996. 102 s.
- & Alatalo, M. 1999. Metsätalouden toimenpiteiden aiheuttama kasvinravinteiden huuhtoutuminen ja kansallisen metsäohjelman suositustason vaikutus siihen. Julkaisussa: Hildén, M., Kuuluvainen, J., Ollikainen, M., Pelkonen, P. & Primmer, E. (toim.). Kansallisen metsäohjelman ympäristövaikutusten arviointi. Maa- ja metsätalousministeriö. 76 s.



# Onko ojituksella vaikutusta metsäkanalintujen määrään?

*Pekka Helle ja Ludwig Gilbert*

## I Johdanto

Koska metsäkanalintujen metsästyksellä on ollut aikanaan huomattavaa elinkeino- ja kotitarvemerkitystä, lintujen runsaudenvaihtelut ovat kiinnostaneet ihmisiä. Kiinnostusta on lisännyt myös se, että kanalintukannat voivat vaihdella voimakkaasti vuodesta toiseen, ja usein runsausvaihtelu on jaksoittaista eli syklistä. Nykyään tärkeä kysymys on se, miten elinympäristön muuttuminen vaikuttaa näiden lajien määrään. Samoin on tärkeää tietää metsästettävien lajien runsaudenvaihtelut, jotta metsästyksessä voidaan mitoitaa kestäväksi. Metsäkanalinnuilla on myös yleistä merkitystä metsäluonnon seurannassa.

Suomessa metsäkanalintujen määrää on seurattu 40 vuoden ajan. Myös pesimälinnuston kesäkuisia linjalaskenta-aineistoja on pitkälti ajalta, 1930-luvulta lähtien, joskaan ei katkeamattomana aikasarjana. Suomen kanalintukannat ovat vähentyneet viimeisten 40 vuoden aikana, paikoin roimastikin. Vähentymisen syyt ovat moninaiset, mutta pääosaksi taantumisen on otaksuttu liittyneen metsärakenteen muutokseen. Epäsuorasti metsä- ja maisemarakenteen muutokseen liittyvät mm. pienpeitojen määrän kasvu ja metsästyksen tehostuminen. Yhtenä syynä on esitetty puuntuotannon tehostumiseen liittyvää metsä- ja suo-ointusta.

Kuvaamme tässä kirjoituksessa yleispiirteisesti metsäkanalintulaskentojen perusteella lintujen määrien alueelliset muutokset viimeisten 40 vuoden aikana Suomessa ja peilaamme näitä muutoksia metsä- ja suo-ointukseen. Varsinaista analyysiä emme esitä, mutta kerromme sen, mitä metsä- ja suo-ointuksen vaikutuksista metsäkanalintuihin tiedetään.

## 2 Metsälintukantojen muutosten pääpiirteet

Kuvassa 1 esitetään metsäkanalintukantojen kehitys viimeisten 40 vuoden aikana neljällä eri vyöhykkeellä Suomessa. Vyöhykkeet A–C vastaavat karkeasti etelä-, keski- ja pohjoisboreaalista metsäkasvillisuusvyöhykettä, joten alueiden sisällä voi odottaa olevan jonkinlaista yhtenevyyttä. Kommentoimme myös lajien alueellista runsautta riistakolmiolaskentojen (1989–) keskimääräisten tulosten perusteella.

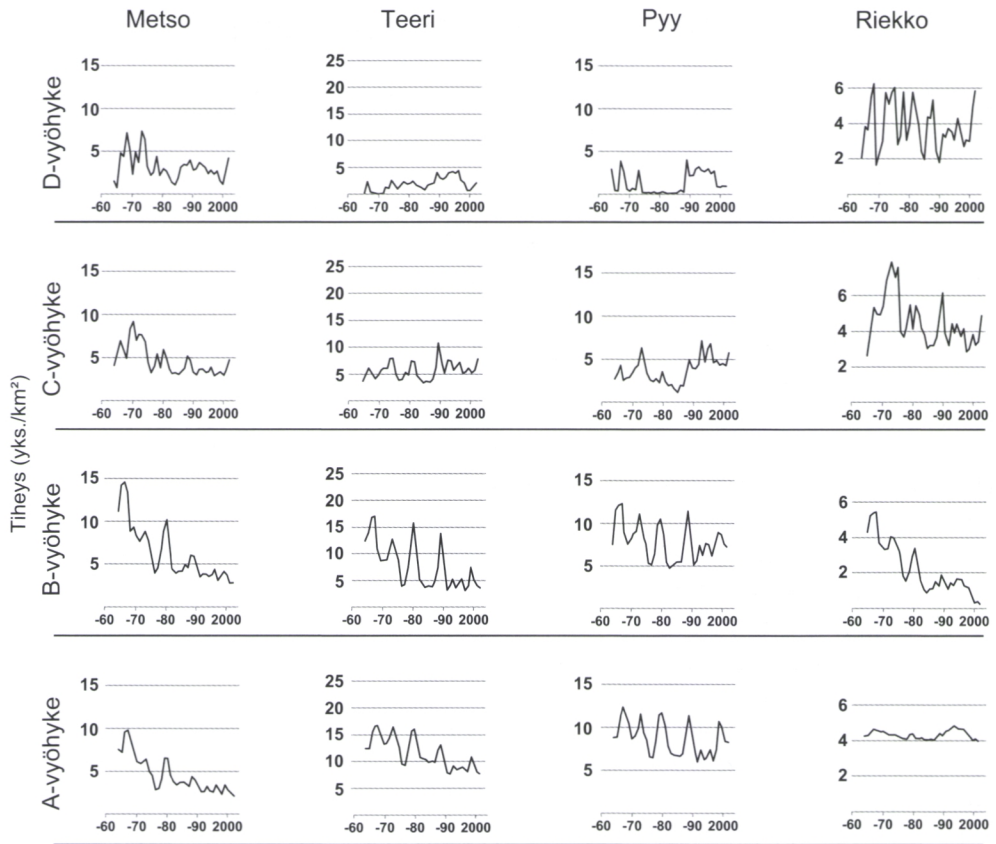
Laskennat, ns. poikuearviointit, toteutettiin elokuisina linjalaskentoina vuosina 1964–88. Laskentaohjeiden mukaan linjat toteutettiin halutunmuotoisina parhaille lintumaille eli esimerkiksi seurailten kangasmaiden ja soiden reunoja, eikä linjojen sijainti ollut kovinkaan satunnainen. Vuonna 1988–89 siirryttiin seurannassa nykyiseen riistakolmiolaskentaan. Entinen kolmen hengen laskentaryhmä ja käytännön toteutus säilyi samana. Riistakolmioiden sijainti on satunnaisempi kuin aikaisempien laskentalinjojen. Menetelmät antavat kokonaislintutiheydestä kuitenkin suhteellisen yhdenmukaisen kuvan.

Metson väheneminen viimeisten 40 vuoden aikana on ollut selvää pääosassa Suomea. Kaikkein jyrkin pudotus on ollut keskisessä Suomessa, vyöhykkeellä B. Sitä vastoin Itä- ja Pohjois-Lapissa metsotiheys ei ole juuri muuttunut. Metson korkeimmat nykytiheydet keskittyvät Pohjanmaalle sekä Kainuun, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan rajamaille. Lounais-Suomi on vähämetsoista aluetta, samoin Järvi-Suomi, Ylä-Kainuu ja luoteinen Lappi.

Teeren alueellinen runsaskehitys on ollut samanlainen kuin metsolla: kanta on vähentynyt tuntuvasti maan eteläpuoliskossa, kun taas pohjoispuolikkaassa teeritiheydet ovat säilyneet ennallaan, jopa lievästi kohonneet. Teeren nykytiheyden painopiste on selvästi lännessä, Pohjanmaalla. Sieltä muualle siirryttäessä teeritiheys vähenee selvästi, ja Lapissa laji on jo vähälukuinen.

Pyy on menestynyt kanalinnuistamme parhaiten tarkastelujakson aikana. Kannat ovat lievästi heikentyneet maan eteläpuolella, mutta pohjoisempina jopa kasvaneet. Aika 1970-luvun puolivälistä 1980-luvun jälkipuolelle vaikuttaa olleen pohjoisessa pyylle vaikeaa. Pyykanta on tihein Savossa ja Hämeessä, ja myös Lounais-Lapissa lajilla on vahvako jalansija. Pyy runsauden painopiste on metsäkanalinnuistamme eteläisissä.

Riekkotiheys on ollut erittäin alhainen koko tarkastelujakson ajan eteläisimmässä Suomessa (A). Vyöhykkeellä B kanta on taantunut erittäin jyrkästi ja vyöhykkeellä C lievästi. Itä- ja Pohjois-Lapin alueella (D) riekkotiheys ei sitä vastoin ole muuttunut. Vuosien väliset erot ovat siellä kuitenkin hyvin tuntuvat. Riekkotiheys on luonnollisesti korkein Lapissa, erityisesti sen itäosissa. On aiheellista korostaa, että kolmen henkilön linjalaskenta tekee menetelmänä parhaiten oikeutta rie-



Valokuva Ville Hallikainen

Kuva 1. Metson, teeren, pyyn ja riekon kannanvaihtelut neljällä vyöhykkeellä Suomessa vuosina 1964–2002 elokuisten linjalaskentojen perusteella. Valokuvassa vaihtopukuinen riekko.

kolle Metsä-Lapin olosuhteissa ja etelämpänä, missä riekkoa tavataan rämeillä, hakkuualoilla ja taimikoissa. Tunturissa, joka on riekon omina ympäristöä, elokuinen linjalaskenta ei anna lajin tiheydestä yhtä luotettavaa kuvaa. Etelä- ja Keski-Suomessa riekkoa tavataan enää pieninä eristyneinä populaatioina.

### 3 Muutosten syitä

Suomen kanalinukannat ovat vähentyneet viimeisten 40 vuoden aikana, joskin lajien ja alueiden väliset erot ovat tuntuvia. Vähentymisen syyt ovat moninaiset, mutta pääosaksi vähentymisen on otaksuttu liittyneen tehostuneeseen puuntuotantoon, sen suoriin ja epäsuoriin vaikutuksiin. Suoria vaikutuksia ovat kanalinnuille soveltuvan pinta-alan väheneminen (*habitat loss*) ja pirstoutuminen (*fragmentation*) sekä elinympäristön laadullinen heikkeneminen (*habitat deterioration*). Epäsuoriin vaikutuksiin luetaan mm. metsärakenteen muutoksesta johtuva myyrä- jajäniskantojen kasvu ja niitä seuraava pienpetojen määrän kasvu.

Metsärakenteen muutoksen (mm. metsien iässä ja puulajisuhteissa) ja lintukantojen muutoksen alueellista ja ajallista vaihtelua verrattaessa havaitaan joitain selviä yhteyksiä. Männyn määrän (keskimääräinen runkotilavuus) ja mäntyvaltaisten metsien pinta-alan muutoksilla on tilastollisesti merkitsevä yhteys metson runsauden muutoksiin viime vuosikymmeninä. Vastaava yhteys on pyyn ja kuusen välillä. Teerellä – yllättävää kyllä – ei ole löydetty vastaavaa yhteyttä lajin runsauden muutosten ja metsärakenteen perusominaisuuksien välillä metsäkeskustason analyysissä. Riekon osalta avosoiden ja rämeiden pinta-alan kaventuminen sekä toisaalta metsärakenteen tihentyminen vaikuttavat olleen johdonmukaisessa suhteessa lajin runsauden muutoksiin viime vuosikymmeninä Suomen eri osissa.

### 4 Metsä- ja suo-ojitusten vaikutukset kanalinnuille

Metsätaloudellinen ojitus 1950-luvulta lähtien on suoluontoa voimakaimmin muuttanut yksittäinen tekijä. Puuston kasvun edellytykset parantuvat yleensä huomattavasti vedenpinnan laskun ja maan ilmanvaihdon paranemisen ansiosta. Ojitus muuttaa suon ojikko- tai muuttumavaiheen kautta turvekankaaksi, mutta sukkessiossa on suurta ravinteisuudesta ja lämpöoloista johtuvaa vaihtelua. Ojitusta on tehty vuoden 1960 jälkeen noin 5 miljoonalla hehtaarilla, mikä merkitsee 1,5 miljoonaa ojakilometriä. Huipussaan ojitus oli 1960- ja 1970-lukujen taitteessa, jolloin vuosittaiset suoritteet nousivat lähelle 100 000 kilomet-

riä. Nykyinen avosoiden pinta-ala, noin 1,7 milj. ha, on noin miljoona hehtaaria pienempi kuin 1950-luvun alussa. Metsämaan alasta on ojitettu 22 %, ja eräillä alueilla osuus on 40 %. Yleisesti ottaen puolet maamme korpisoista ja rämeistä on ojitettu. Ojitettujen soiden osuus on Etelä-Suomessa paljon korkeampi kuin Pohjois-Suomessa; samoin etelässä ojitukset on tehty aikaisemmin.

Soiden uudisojittaminen on loppunut, mutta kunnostusojituksia tehdään ja soistuneita kankaita ojitetaan. Vaikka ojituksia ei laajassa mitassa enää tehdä, ojituksen vaikutus tuntuu vielä kauan, sillä sukkessio on hidasta.

Metsä- ja suo-ojituksen vaikutuksesta kanalintuihin on vähän suoria havaintoja, mutta sen merkitystä voidaan pitää tärkeänä 'todennäköisin syin'. Ojitusaktiivisuus ja kanalintujen väheneminen näyttävät sopivan ajallisesti yhteen. Yksittäisiä havaintoja erityisesti teeren poikasten hukkumisesta ojiin on paljon, mutta täsmällistä tutkimustietoa on hyvin vähän. Erään Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan voimallisesti ojitetuilla alueilla eläneet teerinaaraat vaikuttivat menettäneen enemmän kokonaisia poikueita kuin vähemmän ojitetuilla alueilla eläneet.

Ojituksen vaikutukset ovat eri aikaskaaloissa tapahtuvia. Erityisesti metso- ja teerinaaraat pesivät soiden tuntumassa ja turvemaiilla ja nämä ympäristöt ovat poikueiden suosimia ympäristöjä. Ojiin hukkuminen on lisäkuolinsyy ojitetuilla alueilla. Hitaampaa mahdollista kielteistä vaikutusta on se, että ojituksen jälkeen pohja- ja kenttäkerros muuttuvat laadullisesti huonommiksi. Kosteusolojen muutos voi vaikuttaa kielteisesti tarjolla olevan selkärangattoman ravinnon määrään. Toisaalta ojitukseen on usein liittynyt lannoitus, joka ainakin tietynlaisilla paikoilla lisää mustikan kasvua; mustikan on todettu olevan merkittävä kasvi niin kanalintujen poikasille kuin aikuisillekin. Metsäkanalintunaaraiden on tärkeä saada munintakaudella tuoretta ravintoa, ns. varhaisvihantaa. Erityisesti metsolle, teerelle ja riekolle tupasvilla on tärkeää varhaisravintoa. Tupasvillan peittävyys turvemaiilla on pienentynyt 1950-luvun alun noin 7 %:sta 1990-luvun alun runsaaseen 2 %:iin eli lähes 70 %.

Ojituksen pitkän aikavälin vaikutusta on luonnollisesti se, että puuston kasvu nopeutuu ja aikaisemmin avoimemmat ympäristöt sulkeutuvat. Esimerkiksi männyn kasvu on kiihtynyt 1960-luvun puolivälistä 1980-luvun loppuun noin 66 %:lla, kun koko puuston vastaava luku on 37 %. Pitkäaikaisvaikutuksena alueellinen metsäpeitteisyys kasvaa, mikä voi olla myös myönteistä vaikutusta erityisesti metsolle ja pyylle. Lajeittain ojituksen mahdolliset vaikutukset voidaan kiteyttää seuraaviin:

- poikasten hukkuminen ojiin; vaikutus metsoon, teeren ja riekoon todennäköisesti voimakkaampi kuin pyyhyn,
- ojituksen aiheuttama pintakasvillisuuden muutos voi heikentää ojitusalueita poikasympäristöinä,

- ojituksen ansiosta parantunut puunkasvu voi olla metsolle ja pyylle eduksi, mutta epäedullista ainakin riekolle,
- ojituksen aiheuttama tupasvillan vähentyminen voi olla heikentänyt naaraiden keväistä ravitsemusta; vaikutus pyyhyn vähäisempää kuin muihin lajeihin.

## 5 Syiden vaikeaselkoinen vyyhti

Metsäkanalintujen runsaudesta on auttavaa tietoa myös ajalta ennen 1960-lukua. Näistä voidaan päätellä, että 1930-luvun lopun kanalintukannat (ainakin metso) olivat ehkä kaksinkertaiset vuosien 1966–1967 tasoon verrattuna. Kanalinnut vähenivät siis jo ennen 1960-lukua, ja on päätelty, että lintukannat olivat 1930-luvulla ehkä korkeimmillaan tunnetun historian aikana. Aikajaksolla 1930–1960 elinympäristön muutos ei puuntuotannon eikä soiden käsittelyn osalta ollut voimakasta. Ilmastollisiin tekijöihin on viitattu tässä yhteydessä, mutta aivan erityisesti siihen, että Suomen metsäluonto oli tuolloin monesta syystä kanalintujen kannalta edullisessa tilassa. Kaskikauden vaikutukset olivat vielä näkyvissä ja koivu oli yleinen. Hakkuut tehtiin harventaen ja metsäkuva oli avoimehko. Karjan metsälaidunnus avarsi myös maisemaa, ja metsälaitumia on pidetty erinomaisina poikueympäristöinä.

Mielenkiintoisen vertailukohdan Suomelle tarjoaa Venäjän Karjala. Viimeisen 50 vuoden aikana Karjalan metsät ovat säilyttäneet luonnon-tilansa paljon paremmin kuin Suomen metsät. Alueiden rajalla Suomen talousmetsät vaihtuvat luonnonmukaisesti uudistuneisiin metsiin Karjalan puolella. Tältä aikajaksolta on metsäkanalintulaskentoja myös Karjalasta, ja niiden mukaan lintutiheydet ovat alentuneet sielläkin huomattavasti. Ristiriitaista on, että ”metsärakennehypoteesi” vaikuttaa Suomen osalta pätevältä selittämään metsäkanalintujen kantojen muutosten ajalliset ja alueelliset piirteet, mutta ei Karjalassa. Karjalassa metsät ovat monipuolajisia ja eri-ikäisrakenteisia sekä pienpiireistä vaihtelua on huomattavasti enemmän kuin standardimaisesti hoidetussa Suomessa. Karjalan nykymetsiä luonnehtivat edelleen vanhojen ja nuorien metsien suurikuvioinen mosaiikki, kun taas Suomen metsärakenne on hyvin pirstoutunut ja kuviot pieniä. Varttuneiden ja vanhojen metsien, lehtipuuvältaisten metsien ja palaneiden metsien osuus sekä suojeltujen metsien pinta-ala on Karjalassa selvästi suurempi kuin Suomessa. Merkittävä on myös se ero, että Venäjän Karjalassa metsä- ja suo-ointus on ollut vähäistä. Metsien kenttäkerroksen rakenteessa, joka on arvioitu tärkeäksi tekijäksi kanalintupoikueiden hyvinvoinnille, ei ole mainittavia eroja Suomen ja Venäjän Karjalan välillä. On kuitenkin muistettava, että Suomen ja Karjalan populaatiot ovat yhtenäisiä. Viime vuosikymmenel-



lä todettu laaja alueellinen synkronia sekä lajin sisällä että lajien välillä osoittaa sen, että eri populaatiot on kytketty toisiinsa laajallakin mittakaavalla ja siten myös niissä tapahtuvat vaihtelut ja muutokset.

## 5 Lopuksi

Käsityksemme kanalintukantojen pitkän aikavälin muutoksiin vaikuttavista syistä on edelleen vajavainen. Selvää on, että muutosten takana on monia tekijöitä, jotka todennäköisesti vaikuttavat monimutkaisina yhteisvaikutuksina. Tavallisin menetelmä on ollut alueellinen vertailu: metsä- ja suomuuttujien muutosta ja lintukantojen muutosta tietynä aikajaksona on verrattu esim. eri metsäkeskusten alueilla. Ongelmaksi näissä analyyseissä on koettu se, että metsämuuttujien alueelliset keskiarvot metsäkeskuksittain antavat ehkä kalpean kuvan todellisuudesta, koska muuttujan spatiaalinen luonteesta ei ole käsitystä. Metsä- ja suoluonnon rakenteesta mitataan ehkä oikeita asioita, mutta väärällä mittakaavalla.

Keski-Suomessa selvitetään parhaillaan yksityiskohtaisesti metsäkanalintukantojen, ja erityisesti teerikantojen, elinvoimaisuuden väheneemiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus on Jyväskylän yliopiston ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen yhteinen hanke ja siinä kerätään sekä yksilö- että populaatiotason aineistoa. Keskeisimpiin kysymyksiin kuuluu metsä- ja suoluonnon rakenteen vaikutus teeren poikastuotantoon ja sitä kautta populaatiodynamiikkaan.

## Kirjallisuus

- Helle, P. & Helle, T. 1991. Miten metsärakenteen muutokset selittävät metsäkanalintujen pitkän aikavälin kannanmuutoksia? Summary: How do changes in forest structure explain recent changes in Finnish grouse populations? Suomen Riista 37: 56–66.
- , Belkin, V., Bljudnik, L., Danilov, P. I. & Jakimov, A. 2003. Metsäkanalintukannat Suomessa ja Venäjän Karjalassa. Summary: Changes in grouse populations in Finland and Russian Karelia during recent decades. Suomen Riista 49: 32–43.
- Helle, T., Taskinen, E., Linden, H. & Hokka, P. 1987: Metsäkanalintujen elinympäristöt ja metsätalous Summary: Tetraonid habitats and forestry. Suomen Riista 34: 77–95.
- Lindén, H. (toim.) 2002. Metsäkanalintutkimuksia. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Metsästäjien keskusjärjestö, Gummerus Oy, Saarijärvi. 45 s.
- , Hario, M. & Wikman, M. (toim.) 1996. Riistan jäljille. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Edita. Helsinki. 205 s.

- Solantie, R. 1974. Kesän vesitaseen vaikutus metsä- ja suokasvillisuuteen ja linnustoon sekä lämpöolojen välityksellä maatalouden toimintaedellytyksiin Suomessa. Summary: The influence of water balance in summer on forest and peatland vegetation and bird fauna and through the temperature on agricultural conditions in Finland. *Silva Fennica* 8: 160–184.
- Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J.-P. (toim.). 2000. Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Summary: Changes in the frequency and abundance of forest and mire plants in Finland since 1950. Tammi, Helsinki. 384 s.
- Väisänen, R. A., Lammi, E. & Koskimies, P. 1998. Muuttuva pesimälinnusto. Ota-va. Helsinki. 567 s.

# Suometsiin liittyvät tutkimustarpeet Pohjois-Suomessa

*Hannu Hökkä*

Suontutkimus on alkanut perinteisillä puuntuotosselvityksillä vuosisadan alussa, sen jälkeen laajentunut kasvupaikkaluokitteluun, ojitettujen kasvupaikkojen tuotoskyvyn arviointiin ja ojitustekniikan tutkimukseen sekä voimakkaasti 1970- ja 1980-luvuilla suometsiköiden ravinnetalouden hoitoon. Vasta 1980-luvun puolivälistä lähtien alettiin selvittää kunnostusojitukseen, suometsien kasvatukseen ja puiden kasvuun liittyviä kysymyksiä. Lisäksi 1990-luvulla mukaan tulivat voimakkaasti suometsien ainevirtoihin ja hiilen kiertoon liittyvät asiat. Vuonna 2003 päättyneen viisivuotisen Suo-tutkimusohjelman aikana Metlassa tehtiin merkittävällä panoksella suometsiin liittyvää tutkimusta lähes kaikissa edellä mainituissa aihepiireissä. Tästä huolimatta useita suometsien kasvatukseen liittyviä kysymyksiä jäi ohjelman jälkeenkin vaille vastausta ja joitakin uusia tutkimustarpeita tuli selkeästi esiin.

Pohjois-Suomen näkökulmasta ehkä tärkein ongelmakokonaisuus liittyy erilaisten ojitettujen suometsiköiden kasvatuskelpoisuuden määrittämiseen. Koska kannattamattomien ojitusten suhteellinen osuus lisääntyy kohden pohjoista, tulee käytännön metsäsuunnittelussa usein eteen kysymys siitä, esitetäänkö kohteelle kunnostusojitusta vai jätetäänkö se lisäinvestointien ja samalla puuntuotannon ulkopuolelle. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksissa on esitetty ohjetaulukot kannattavuusrajan määrittämiseen perustuen odotettavaan tilavuuskasvuun eri kasvupaikoilla ja erilaisilla puuston määrillä. Tässä yhteydessä tulisi kuitenkin selvittää tarkoin, missä tilanteissa kunnostusojitus on paitsi taloudellisesti mielekästä, niin myös metsikön kehityksen kannalta ehdottoman tarpeellista. Kunnostusojituksen tavoitepinta-alat on johdettu valtakunnanmetsien inventointien tiedoista ja perustuvat silmävaraisesti arvioituun ojien kunnostustarpeeseen. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole sama asia kuin kunnostusojitustarve puuston kehityksen näkökulmasta, sillä kasvuisa tiheä puusto voi ylläpitää kuivatusta latvuspidännän ja haihdunnan kautta. Toisaalta on tiedossa, että esim. KMO:ssa asetettua kunnostusojitusten pinta-alatavoitetta on ollut vaikea saavuttaa ja että valtion KEMERA-rahoitus on rajallinen. Edelleen, koska vuodel-

ta 1998 olevan valtioneuvoston päätöksen mukaan metsätalouden vesiensuojelun tavoitetila vuonna 2005 edellyttää 50 %:n vähennystä typen ja fosforin kuormituksessa vuoden 1993 tasosta, kaikenlaisen uuden vesistökuormituksen hyväksyminen tulee olemaan erittäin hankalaa, päinvastoin vesistöjen tila tulisi saada kohennettua. On siis olemassa tarve entistä tarkempaan kunnostusojitusten kohdentamiseen, kun tavoitellaan vesistökuormituksen vähentämistä.

Toinen, edelliseen läheisesti liittyvä ja koko maata koskeva kokonaisuus, on vanhojen ojitusalueiden uudistaminen. Myös siinä yhteydessä tulee tehtäväksi arvio toisen puusukupolven kasvatuksen kannattavuudesta. Useista syistä puunkasvatuksen edullisuuteen ojitetuilla turvemaidella liittyy enemmän epävarmuustekijöitä – jotka osin johtuvat tutkimustiedon puutteesta – kuin kivennäismailla. Näitä ovat vesitalouden kontrolloinnin ja metsänuudistamistoimenpiteiden tarpeet eri tilanteissa uudistumisen onnistumisen ja puuston kehityksen kannalta. Lisäksi voidaan mainita kasvupaikan ravinnetalouden merkitys puuntuotannon kestävyuden kannalta. Näiden tekijöiden varmistaminen uudistamisen yhteydessä voi käytännössä edellyttää investointeja, joiden kannattavuutta suhteessa odotettavaan puuntuotokseen on tarkoin harkittava. Tämän ohella suometsien uudistamiseen ja metsiköiden alkukehitykseen liittyy lukuisia käytännön tiedon tarpeita lähtien sopivien uudistamistapojen määrittämisestä. Tässä mielessä vuonna 2004 Metlassa käynnistävään suometsien uudistamisen tutkimushankkeeseen on valmiiksi ladattu paljon odotuksia. Siinä tullaan selvittämään myös uudistamisvaiheen kustannusten vaikutusta kasvatuksen kannattavuuteen.

SUO-ohjelman kuluessa aloitettiin tutkimusprojekti, jonka tavoitteena oli kasvatusmallien laatiminen ojitettujen mäntyvaltaisten soiden kasvupaikoille. Ennakkotuloksia tästä projektista on kuvattu myös tässä julkaisussa. Tämä on tärkeä työ, jonka loppuunsaattaminen selkeyttäisi suometsien hoidon kokonaisuutta.

Kaksi muuta suometsien tutkimustarvetta voitaisiin tässä yhteydessä mainita, vaikkeivät ne sivua pelkästään Pohjois-Suomea. Toinen on suometsien kasvumallien päivitys MELA- ja MOTTI-simulaattoreissa. Nykyiset mallit on olleet käytössä vuodesta 1997. Tämän jälkeen aineistopohjaa on laajennettu Etelä-Suomeen ja toisaalta Pohjois-Suomessa kattamaan pidemmän aikasarjan. Kivennäismaiden mallien osalta on tehty kehitystyötä, jota voitaisiin hyödyntää suopuiden mallien päivityksessä. Myös analyysimenetelmät ovat kehittyneet siinä määrin, että päivitetyistä malleista voidaan odottaa joustavampia ja luotettavampia kuin nykyisistä. Tämä työ voidaan aloittaa, kun Etelä-Suomen koealat on saatu mitattua kahteen kertaan, eli vuonna 2006.

Toinen mallinnustyö liittyy luonnonmetsien kehityksen kuvaukseen. Suometsien osalta tieto luonnontilaisten soiden puuston dynamiikasta puuttuu lähes täysin. Se vaikeuttaa kehitysennusteiden laatimista ojitta-

mattomien soiden puustoille, joita sentään vielä on lähes miljoona hehtaaria. Toisaalta se haittaa jo aloitettujen ojitettujen soiden ennallistamistöiden onnistumisen arviointia sekä esim. hiilitasetutkimuksia, joissa puuston merkityksen arviointi on nykytiedoin varsin epävarmaa. Tätä varten on tarpeen laajentaa luonnonmetsien koelaverkoston kattamaan myös soiden luonnonmetsät.



# Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Pohjois-Suomessa

*Mikko Hyppönen*

## I Johdanto

Mänty voidaan uudistaa luontaisesti siemenpuumenetelmällä tai reuna- metsän siemennyksen avulla pienialaista avohakkuuta käyttäen. Lisäksi männiköissä on usein valmiiksi emopuuston alla oleva alikasvosjakso, jota voidaan myös hyödyntää metsikön uudistamisessa.

Männyn luontaiseen uudistamiseen sopivat kuivahkojen ja sitä karrumpien kasvupaikkojen uudistusalat sekä viljavuudeltaan puolukka- ja varputurvekangasta vastaavat suot. Pohjois-Suomessa myös karuimpien tuoreen kankaan kasvupaikkojen männiköt voidaan uudistaa luontaisesti sopivaa maanmuokkausta käyttäen.

Siemenpuumenetelmässä uudistusalalle jätetään 50–150 hyvälaatuista ja siemennyskykyistä mäntyä hehtaarille (Hokajärvi 1997, Hyppönen ym. 2001, Hyvän... 2001). Siemenpuumenetelmään kuuluu uudistusalan raivaus ja useimmiten kevyt maanmuokkaus. Siemenpuuhakkuuta voi edeltää valmisteleva väljennyshakkuu 10–15 vuotta aiemmin. Jokseenkin nykyisen kaltainen siemenpuumenetelmä tunnettiin jo 1800-luvun lopulla.

Männyn luontainen uudistaminen erityisesti Lapin yksityismetsien käytännön uudistusaloilla on viime vuosikymmeninä onnistunut keskimäärin huonosti. Suurin syy epäonnistumisiin on ollut maanmuokkauksen puuttuminen. Menestyksellinen männyn luontainen uudistaminen edellyttää kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla lähes aina maanmuokkausta (Hyppönen ym. 2002).

Tämän artikkelin tarkoituksena on kerrata männyn luontaiseen uudistamiseen liittyvät toimenpiteet ja menetelmät.

## 2 Alikasvokset männyn uudistamisessa

Lapin männiköissä, kuten muuallakin Euroopan pohjoisosissa, esiintyy usein käyttökelpoisia, nopeasti elpyviä alikasvoksia. Alikasvostaimikot ovat syntyneet ilman uudistamistarkoitusta, eivätkä näin ollen ole aiheuttaneet kustannuksia. Alikasvoksia hyödyntämällä voitetaan myös aikaa. Näin syntyneet taimikot eivät keskimäärin poikkea kasvatuskelpoisuutensa puolesta siemenpuuhakkuulla aikaansaaduista taimikoista (Hyppönen ja Hyvönen 2000). Alikasvoksia tulee hyödyntää aina, kun siihen on edellytykset.

## 3 Väljennyshakkuu

Väljennyshakkuun tarkoituksena on paitsi kasvattaa uudistuskypsää tai sitä lähestyvää metsikköä myös valmistaa sitä uudistamista varten. Harventamalla puustoa vahvistetaan juuria ja runkoja kestävämmän tuulta, tuuheutetaan puiden latvuksia ja lisätään samalla niiden siementuotantoa sekä saatetaan taimettuminen alkuun. Väljennyshakkuulla pyritäänkin hankkimaan taimiainesta jo etukäteen ennen varsinaista uudistushakkuuta. Väljennyshakkuun käyttö uudistamisen valmistelussa edellyttää lisätutkimuksia.

## 4 Siemenpuuhakkuu

Siemenpuumenetelmässä uudistusosalalle jätetään 50–150 hyvälaatuista ja siemennyskykyistä mäntyä hehtaarille. Hyvissä olosuhteissa uudistusala taimettuu 20–50 siemenpuulla (Kubin 2000). Siemenpuut jätetään mieluiten yksittäin tasaisesti uudistusosalalle.

Siemenpuuhakkuu voidaan tehdä myös kaksivaiheisena. Ensin puusto hakataan tiheään siemenpuuasentoon, esim. 100–150 kpl/ha. Taimettumisen alettua poistetaan osa siemenpuista. Tällaista menettelyä suositellaan käytettäväksi esim. Pohjois-Lapin suojametsäalueella.

Männyn luontaisessa uudistamisessa voidaan käyttää ainakin seuraavia menettelytapoja (Hyppönen 2002):

- 1) Käytetään siemenpuuhakkuuta ilman väljennyshakkuuta ja maanmuokkausta männiköissä, joissa taimettuminen on jo näkyvissä.
- 2) Käytetään siemenpuuhakkuuta ilman väljennyshakkuuta. Maanmuokataan kevyesti laikuttamalla tai äestämällä. Menettelyä käytetään erityisesti hoidetuissa metsissä kuivahkon kankaan paksuhumuksisilla kasvupaikoilla ja tuoreella kankaalla, jos taimettumista ei ole havaittavissa. Uudistamistulos on sitä parempi, mitä tarkemmin muokkaus saadaan ajoitettua siemensadon yhteyteen.



- Etelä- ja Keski-Lapissa männyntaimikoihin tulee yleensä lisäksi runsas kuusi- ja koivusekoitus. Vaihtoehtona luontaiselle uudistamiselle on tällaisissa tapauksissa metsänviljely kylvämällä.
- 3) Pyritään saamaan taimiaines aikaan jo ennen varsinaista uudistushakkuuta väljentämällä emopuusto 10–15 vuotta ennen siemenpuuhakkuuta. Väljennyshakkuuta käytetään erityisesti ohuthumuksisilla mailla, joilla taimettuminen todennäköisesti onnistuu ilman maanmuokkausta. Jos taimettuminen saadaan väljennyshakkuulla käyntiin, hakataan metsikkö siemenpuuasentoon. Joskus koko ylispuusto voidaan poistaa yhdellä kertaa ilman siemenpuuvaihetta. Jos taimettumisen merkkejä ei sen sijaan näy, uudistusala muokataan siemenpuuhakkuun jälkeen.
  - 4) Luontaisen uudistamisen ja viljelyn yhdistelmässä siemenpuuasentoon hakattu ja muokattu männikkö kylvetään tai joskus myös istutetaan. Viljelytiheys voi olla kustannussyistä normaalia harvempi. Tätä menetelmää käytetään erityisesti alueilla, joissa tyydyttävät siemensadot ovat harvinaisia (< 800 dd).

## 5 Uudistusalan raivaus ja maanmuokkaus

Männyn luontaisessa uudistamisessa uudistusalan raivaus on tärkeä toimenpide. Erityisesti kuusi- ja koivujätepuiden raivaus on välttämätöntä. Raivaamaton puusto vaikeuttaa maanmuokkausta, estää taimettumista, hidastaa taimien alkukehitystä ja voi runsaana esiintyessään tukahduttaa uudistamisen tuloksena syntyneen taimikon alleen. Uudistamisen alkuvaiheessa myös taimikon perkauksen laiminlyönti vaikuttaa metsittymistulokseen (Lehto 1969).

Männyn luontaisessa uudistamisessa maanmuokkauksen tarkoituksena on paljastaa kivennäismaa siementen itämistä ja taimettumista varten. Maa muokataan näin ollen yleensä joko äestämällä tai laikuttamalla. Maanmuokkauksella on tutkimusten perusteella ratkaiseva vaikutus taimettumiseen ja uudistamisen onnistumiseen (Hyppönen 2002). Muokatuilla uudistusaloilla uudistamistulos on hyvä tai tyydyttävä lähes aina.

Muokkaamalla luontainen uudistaminen saadaan yleensä onnistumaan myös tuoreilla mäntykankailla. Maanmuokkauksesta saadaankin suurin hyöty tuoreen kankaan uudistusaloilla, mutta myös kuivahkolla kankaalla siitä on apua. Tuoreen kankaan ja paksukunttaisen kuivahkon kankaan männikkö ei taimetu riittävän hyvin ja nopeasti ilman muokkausta.

Maanmuokkauksen ajoittaminen siemensadon yhteyteen parantaa ja varmistaa uudistamistulosta. Ajoittamisessa on yleensä pelivaraa, koska muokkausjälki pysyy pohjoisessa taimettumiskunnossa useita vuo-

sia. Jos siemenvuosia ei ole odotettavissa, uudistamista voidaan joututtaa kylvämällä muokatut siemenpuualat.

## 6 Ylispuuhakkuu

Siemenpuut poistetaan, kun uudistusala on riittävästi taimettunut ja ennen kuin ne alkavat haitata taimikon kehitystä (Valtanen 1998). Harva ylispuusto (< 30 kpl/ha) voidaan jättää kasvamaan ensiharvennukseen saakka. Lapin keskiosissa ylispuut poistetaan, kun riittävän tiheä taimikko on yli puolen metrin mittainen. Ylä-Lapissa ja suojametsäalueella ylispuut korjataan vasta sitten, kun taimikko on saavuttanut hankirajan eli sen keskipituus on noin metri.

Ylispuut korjataan mieluiten yhdellä kertaa taimikkovaurioita välttämällä. Ajourat suunnitellaan korjuuta varten kuten harvennushakkuissa. Korjuuvaurioiden välttämiseksi hankirajan ylittävissä taimikoissa ylispuut hakataan jäätymättömän puun aikana. Pakkasella taimikoiden ylispuuhakkuuta tulee välttää. Hangen alla olevan taimikon päältä ylispuut voidaan kuitenkin korjata myös pakkasella. Korjuussa taimista yleensä vaurioituu 15–20 % (Hyppönen 2000).

## 7 Luontaisen uudistamisen etuja ja haittoja

Luontaisen uudistamisen etuja ovat mm. suorien kustannusten pienuus uudistamisvaiheessa, tiheiden taimikoiden hyvä laatu uudistamisen onnistuessa ja täysin paljaan maan vaiheen puuttuminen. Vastaavasti huonoja puolia ovat uudistamisen onnistumiseen liittyvä epävarmuus ja riski, siemenpuihin sitoutuneen pääoman kustannukset sekä uudistamisen hitaus ja riippuvuus siemenvuosista. Uudistamista voidaan kuitenkin nopeuttaa hankkimalla taimiainees uudistusosalalle jo etukäteen väljenyshakkuun avulla.

### Kirjallisuus

- Hokajärvi, T. (toim.). 1997. Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 60 s.
- Hyppönen, M. 2000. Ylispuiden korjuun vaikutus mäntytaimikoiden kasvatuskelpoisuuteen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000: 269–280.
- 2002. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä Lapissa. Summary: Natural regeneration of Scots pine using the seed tree method in Finnish Lapland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 844. 69 s.

- & Hyvönen, J. 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.
  - , Hyvönen, J. & Valkonen, S. 2002. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakuissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 559–574.
  - , Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuositukset. Kajaanin Kirjapaino Oy. 60 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Tapio. ISBN-951-96739-9-7. 95 s.
- Kubin, E. 2000. Natural regeneration in Finland. Julkaisussa: Mälkönen, E., Babich, N. A., Krutov, V. I. & Markova, I. A. (toim.). *Forest Regeneration in the Northern Parts of Europe. Proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar in Vuokatti, Finland, Sept. 28<sup>th</sup>–Oct. 2<sup>nd</sup>, 1998.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 790: 49–57.
- Lehto, J. 1969. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(4). 140 s.
- Valtanen, J. 1998. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 693. 77 s.



# Aurauksen vaikutus moreenien vesi- ja ravinnetalouteen Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä

Marja-Liisa Sutinen, Ari Teirilä, Markku Päänttjä  
ja Raimo Sutinen

## I Johdanto

*Pinus Sylvestris* L. on laajimmalle levinnyt mäntylaji (38°N-70°N ja 10°W-150°W) ja se on yksi tärkeimmistä metsäteollisuuden hyödyntämisestä puulajeista Euroopassa (Richardson 1998). Levinneisyysalueellaan se on sopeutunut kuitenkin vain kuiville, usein karkearakeisille ja happamille kasvupaikoille (Richardson 1998, Sutinen ym. 2002a). Mäntyä on suosittu kuusta (*Picea abies* L Karst.) ja koivuja (*Betula pubescens* Ehrh. Roth, *B. pendula* Roth.) paremman tuotoksensa (Ilvessalo 1937) perusteella 1950-luvulta lähtien Pohjois-Suomen metsien uudistamisessa. Metsien uudistamiset avohakkuilla, maankäsittelyillä ja männyn kylvöillä sekä istutuksilla ovat olleet käytännön metsätalouden päätoimenpiteet ja ne on ulotettu useimmille kasvupaikka- ja moreenityypeille. Auras yleistyi 1960-luvulla ja yksi sen keskeisiä tavoitteita on ollut saada uudistusalojen vesitalous soveliaaksi männylle. Maisemallisten syiden ja ympäristövaikutusten takia Metsähallitus luopui kokonaan aurauksen käytöstä 1996, Pohjois-Suomen yksityismailla auras sen sijaan on yleinen käytäntö kevyempien menetelmien ohella (Riissanen ja Härkönen 2001).

Männyn menestyminen ei kaikin osin ole ollut tyydyttävää entisissä kuusikoissa ja huolimatta hyvästä alkukehityksestä (alle 6 vuotta) taimikuolemia on tapahtunut aina vakiintumisikään (20 vuotta) saakka. Eri-tyisen ongelmalliseksi on koettu ns. HM (*Hylocomium-Myrtillus*)-tyypin kasvupaikat, jotka ovat yleisiä Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä (Kittilä-Sodankylä-Salla). Tämän alueen moreenit ovat heterogeenisia, mutta leimaa-antavaa niille on paitsi ravinteikkaus myös monin paikoin kasvukauden aikainen korkea vesipitoisuus (Sutinen ym. 2002a). Männyn alhaisen elossaolon on osoitettu olevan sidoksissa maaveden liial-

liseen määrään (Sutinen ym. 2002b) ja tämän seurannaisena esiintyviin sienitauteihin (Witzell ja Karlman 2000). Toistaiseksi ei kuitenkaan ole näyttöä siitä, voidaanko aurauksella saada aikaan vesipitoisuuden pysyvä aleneminen männyn luontaisia kasvupaikkavaatimuksia vastaavalle tasolle (so. alle 27 %; Sutinen ym. 2002a).

Metsätalouden vesistövaikutukset ovat yleisesti tunnettuja ja nykyisellään Lapissa mineraalimaan muokkaus aiheuttaa 60–75 % ravinteiden kokonaishuhtoumasta (Riissanen ja Härkönen 2001). Sen sijaan muokkauksen vaikutuksia uudistusalojen maaperän ravinnepotentiaaliin on tutkittu verraten vähän (esim. Örländer ym. 1996). Erityisesti rinteensuuntaisen aurauksen aiheuttama voimakas ravinteiden huuhtoutuminen pitkällä aikavälillä on puulajien menestymisen ja aluskasvillisuuden monimuotoisuuden kannalta kartoittamatta.

Tässä tutkimuksessa vertailtiin entisiin HMT-kuusikkoihin tehtyjen aurauksjälkien: aurattu mineraalimaa, palle ja koskematon välialue, vesipitoisuutta ja ravinnepotentiaalia 14:llä uudistusalalla Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä 8–23 vuotta muokkauksen jälkeen. Uudistusalojen muokkausjälkien ominaisuuksia vertailtiin hakkaamattomien kuusikoiden ja männiköiden kasvupaikkaominaisuuksiin. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, voidaanko entisten kuusikkojen moreenien vesitalous saattaa aurauksella soveliaaksi männylle (so. vesipitoisuus alle 27 %; Sutinen ym. 2002b, 2002a) ja miten auraus on vaikuttanut moreenien ravinnetalouteen 8–23 vuodessa.

## 2 Materiaali ja menetelmät

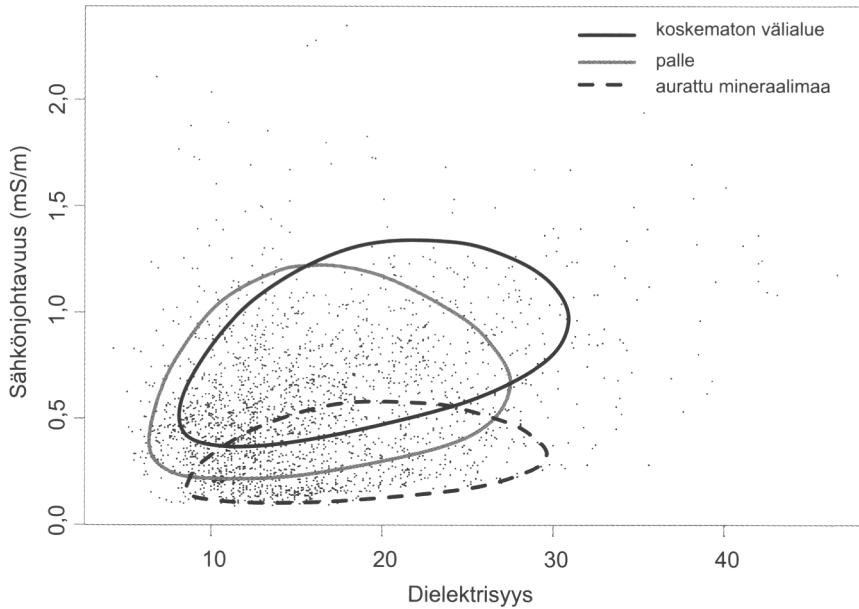
Tutkitut 14 kuviota (PATI; Metsähallitus) sijaitsevat Sodankylässä Porttipahdan ja Lokan altaiden eteläpuolella 232–295 m m.p.y. Kuviot ovat entisiä HMT-kuusikoita, joissa aluskasvillisuus muodostui *Hylocomium*, *Polytrichum* ja *Sphagnum* sammalista (ks. Salmela ym. 2001). Hakkuun jälkeisistä aurauksista oli kulunut 8–23 vuotta. Kaikki alat on uudistettu männylle siten, että istutus ja kylvö oli tehty aurattuun mineraalimaahan. Paikkatietoaineistot (PATI-Metsähallitus, kallioperä- ja geokemia-tietokannat, Geologian tutkimuskeskus) osoittavat, että alueen kuusivaltaiset kuviot sijoittuvat ravinteikkaille (Ca, Mg) moreeneille, jotka ovat peräisin Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen emäksisistä ja hieno-rakeisista kivilajeista (vihreäkivistä, amfiboliiteista, kloriitti-amfiboli-liuskeista). Alueen moreenit verhoavat kallioperää 1–4 m paksuna peitteenä ja niiden hienoainesmäärä voi vaihdella 35–50 %:iin (Salmela ym. 2001). Podzol (Spodosol) maannos oli tyyppiä Typic Haplocryod (Sutinen ym. 2002a).

Vääräväri-ilmakuvista määritettiin kunkin 14 kuvion aurausvakojen lukumäärä ja mittausten aloituskohta (koskematon välialue) arvottiin. Mittauslinja kulki kuuden vaon poikki ja käsittelyjen (välialue, palle, aurattu mineraalimaa) ominaisuudet (dielektrisyys  $\epsilon$ , ja sähkönjohtavuus  $\sigma_a$ ) mitattiin 16 cm:n välein. Ajallisten muutosten minimoimiseksi mittaukset suoritettiin kasvukauden lopussa 30.8.–3.9.1999. Mittausajankohtaa edeltänyt sade (11,2 mm) oli elokuun 13. päivä. Käsittelyjen vesitaloutta kuvattiin dielektrisyyden avulla ja mittaukset ( $n=2298$ ) tehtiin kapasitanssimittarilla (Adek Ltd, Tallinna, Eesti) 10 cm:n syvyydestä ja mitattava tilavuus oli  $500 \text{ cm}^3$  (Sutinen ym. 2002b). Dielektrisyyden ( $\epsilon$ ) ja vesipitoisuuden ( $\theta_v$ ) konvertoinnissa useimmiten käytetään Topp ym. (1980)  $\epsilon/\theta_v$ -kalibrointia. Aurauksen vaikutusta ravinnepotentiaaliin arvioitiin maan sähkönjohtavuuden perusteella (McBride ym. 1990, Sutinen ym. 2002a). Juuristovyöhykkeen (0–30 cm) sähkönjohtavuus mitattiin ( $n=2298$ ) johtavuustalvikolla (Puranen ym. 1999). Käsittelyjen dielektrisyys- ja johtavuusjakaumia tarkasteltiin sekamalleilla.

Lisäksi nuorimpaan (8 vuotta) ja vanhimpaan (23 vuotta) muokkaukseen (300 metrin etäisyydellä toisistaan) tehtiin  $\epsilon$ -profiilimittaukset (5 cm:n välein) palteen ja koskemattoman välialueen läpi siten, että kumpaankin muokkaukseen tuli 18 palteen ja 18 koskemattoman välialueen 60 cm:n läpileikkausta. Kasvukauden aikaista  $\theta_v$ -vaihtelua seurattiin 12:lla eri moreenityyppillä viikoittain TDR-mittauksin (Tektronix 1502B, Beaverton, OR) käyttäen 15 cm pitkiä antureita instrumentoituina vaakuoraan maannosprofiilien eri kerroksiin (ks. Sutinen ym. 2002).

### 3 Tulokset

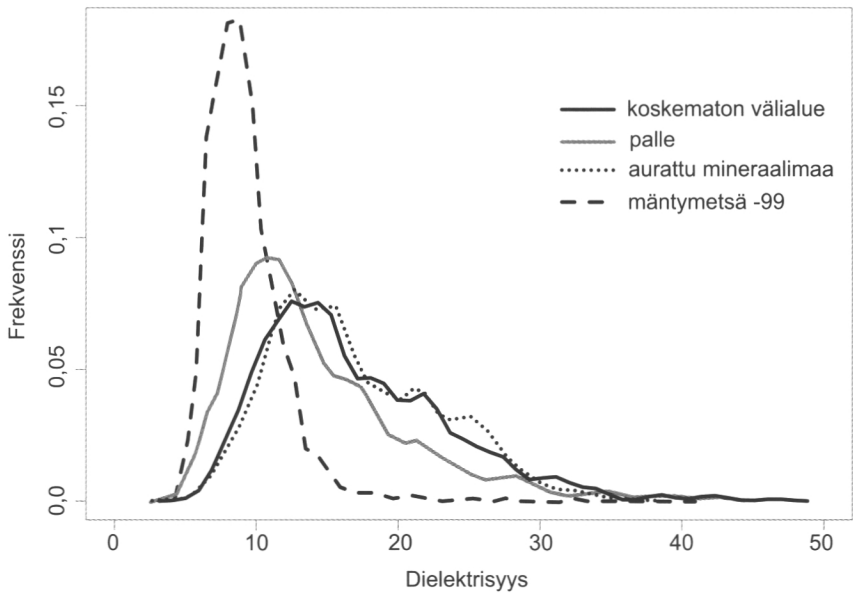
Juurivyöhykkeen (0–30 cm) vesipitoisuus ( $\epsilon$ ) ja ravinnepotentiaali ( $\sigma_a$ ) vaihtelivat sekä 14:n kuvion sisällä että kuvioiden kesken. Käsittelykohtainen (koskematon välialue, palle, aurattu mineraalimaa) tarkastelu kuitenkin osoitti, että entisiin HMT-kuusikkoihin auratun mineraalimaan ravinnepotentiaali oli mittausjaksolla 30.8–3.9.1999 systemaattisesti alhaisin koko vesipitoisuusgradientilla ( $0,042 < \theta_v < 0,53 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ;  $3,5 < \epsilon < 45$ ; kuva 1). Tutkituissa 8–23 vuotta vanhoissa aurauksissa koskemattoman välialueen (sekamalliestimaatti  $\epsilon=17,5 \pm 1,2$ ) ja auratun mineraalimaan ( $\epsilon=16,5 \pm 1,1$ ) vesipitoisuus ei merkitsevästi ollut poikkeava (kaksisuuntainen ANOVA  $p=0,182$ ), mutta jotka olivat merkitsevästi korkeampia ( $p=0$ ) kuin palteessa ( $\epsilon=15,0 \pm 1,0$ ) (kuva 2). Juurivyöhykkeen profiilimittaukset osoittivat vanhimman (23 vuotta) ja nuorimman (8 vuotta) käsittelyn palle/välialue-välisen eron olevan erittäin merkitsevä (Wilcoxon rank-sum test  $Z_c=-3,5$ ,  $p=0,0005$ ), mutta 23-vuotiaassa



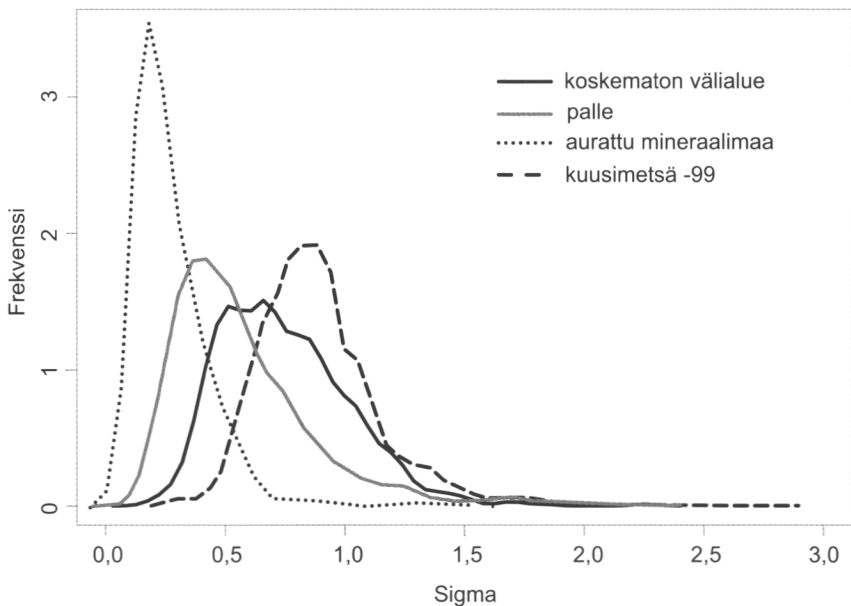
Kuva 1. Neljäntoista aurasalan dielektrisyyden ja sähkönjohtavuuden ( $\text{mSm}^{-1}$ ) 8–23 vuotta muokkauksesta Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä. 80 %:n luottamusellipsoidit esitetty koskemattomalle välialueelle, palteelle ja auratulle mineraalimaalle.

käsittelyssä palteen ja koskemattoman välialueen vesipitoisuusero oli marginaalinen ( $0,008 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ). Vesipitoisuus auratussa mineraalimaassa ja koskemattomassa välialueessa ei poikennut moreenien vesipitoisuudesta hakkaamattomissa kuusikoissa ( $\epsilon^{(Ku)}=17,0 \pm 1,0$ ,  $n=2818$ ; Sutinen ym. 2002a). Sitä vastoin minkään käsittelyn vesipitoisuus ei vastannut männyn luontaisten moreenikasvupaikkojen vesipitoisuutta ( $\epsilon^{(Mä)}=8,5$ ,  $n=3258$ ; Sutinen ym. 2002a) (kuva 2). Ravinnepotentiaali väheni ( $p=0$ ) sarjassa koskematon välialue ( $\sigma_a=0,70 \pm 0,04 \text{ mSm}^{-1}$ ), palte ( $\sigma_a=0,57 \pm 0,05 \text{ mSm}^{-1}$ ) ja aurattu mineraalimaa ( $\sigma_a=0,34 \pm 0,03 \text{ mSm}^{-1}$ ) (kuva 3). Kaikkien käsittelyjen ravinnepotentiaali oli merkitsevästi alhaisempi kuin luonnontilaisissa kuusikoissa ( $\sigma^{(Ku)}=0,96 \text{ mSm}^{-1}$ ; Sutinen ym. 2002a) (kuva 3) ja palteen ja mineraalimaan ravinnepotentiaali oli merkitsevästi pienempi kuin luontaisten männiköiden moreenikasvupaikoilla ( $\sigma^{(Mä)}=0,64 \text{ mSm}^{-1}$ ; Sutinen ym. 2002a). Mittausajanjaksolla (30.8.–3.9.1999) juurivyöhykkeen vesipitoisuus oli ajallisesti stabiili (vaihtelu  $<3\%$ ; kuva 4; ks. Sutinen ym. 2002a).

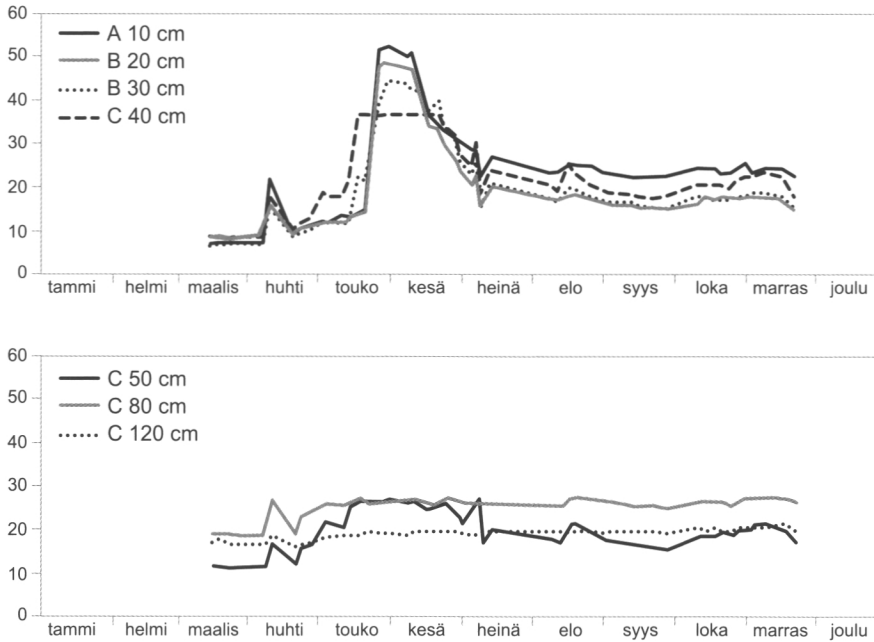




Kuva 2. Dielektrisyyden (vesipitoisuuden) tiheyskuvaajat koskemattomalle välialueelle, palteelle ja auratulle mineraalimaalle 14 aurasalalla entisissä HMT-kuusikoissa. Mäntymetsän moreenikasvupaikkojen dielektrisyyden tiheysjakauma Sutinen ym. (2002a) mukaan.



Kuva 3. Sähkönjohtavuuden (ravinnepotentiaalilin) tiheyskuvaajat koskemattomalle välialueelle, palteelle ja auratulle mineraalimaalle 14 aurasalalla entisissä HMT-kuusikoissa. Kuusen moreenikasvupaikkojen sähkönjohtavuuden tiheysjakauma Sutinen ym. (2002a) mukaan.



Kuva 4. Esimerkki moreenin dielektrisyden vaihtelusta kuusi/koivu-sekametsässä vuonna 1999.

## 4 Tulosten tarkastelu

Tutkittujen aurasalojen juurivyöhykkeen (0–30 cm) vesipitoisuus (dielektrisyys) ja ravinnepotentiaali (sähkönjohtavuus) vaihtelivat sekä alojen sisällä että alojen välillä. Mittausajanjaksona (30.8.–3.9.1999) juurivyöhykkeen vesipitoisuus oli ajallisesti lähes vakio (<3 %; Sutinen ym. 2002a) (kuva 4), mistä johtuen vesipitoisuuden kuviokohtaiset vaihtelut olivat luonteeltaan spatiaalisia ja seurasivat moreenien fysikaalisia ominaisuuksia (Hänninen 1997). Moreenien (75–80 % Pohjois-Suomen metsämaasta) vesitaloutteen vaikuttavat ilmastolliset tekijät. Sadannasta yli 40 % tulee lumena ja kesäsadanta ylittää haihdunnan noin 50 mm:llä (Solantie 1988). Lumen sulaminen ensisijaisesti ja sadanta toissijaisesti vaikuttavat moreenien vesipitoisuuden vaihteluun kasvukausien aikana (Hänninen 1997, Sutinen ym. 2002a), mutta vaihtelun suuruus kuitenkin riippuu moreenien rakenteesta ja raekokojakaumasta (Elliott ym. 1998, Hänninen 1997, Sutinen ym. 2002a). Hienojakoiset moreenit säännön mukaan kyllästyvät ( $\epsilon > 30$ ; vettä yli 44 %) alkukesästä 2–8 viikon ajaksi (ks. kuva 4), mutta hiekkamoreenien vesipitoisuus pysyy alhaisena (alle 27 %) läpi kasvukauden vuodesta toiseen (Hänninen 1997, Sutinen ym. 2002a). Yksi parhaista hiekkamoreenien indikaattoreista on mänty (Richardson 1998, Salmela ym. 2001, Sutinen 2002a).

Kuviokohtainen vesipitoisuus ei ollut johdonmukaisesti alhaisempi vanhemmilla aurasaloilla ja ravinnepotentiaali näytti pikemminkin olevan kallioperäsidoonista (ks. Hyvönen 2003). Esimerkiksi kaksi 8-vuotiaasta aurasalaa, jotka olivat 900 metrin etäisyydellä toisistaan, samalla korkeudella ja topografialtaan vain loivasti viettäviä (<1 %), olivat täysin poikkeavia vesipitoisuuden ja ravinnepotentiaalini ( $\epsilon=13,1 \pm 2,7$  ja  $\sigma_a=0,39 \pm 0,17$  mSm<sup>-1</sup> sekä  $\epsilon=23,7 \pm 6,6$  ja  $\sigma_a=0,91 \pm 0,37$  mSm<sup>-1</sup>) suhteen. Sen sijaan 3 km:n etäisyydellä olevat 23- ja 11-vuotiaat aurasalat (0,5 %:n vietto ja 1,2 %:n vietto) olivat vesipitoisuuden ja ravinnepotentiaalini suhteen samankaltaisia ( $\epsilon=12,2 \pm 4,4$  ja  $\sigma_a=0,53 \pm 0,31$  mSm<sup>-1</sup> sekä  $\epsilon=12,1 \pm 3,1$  ja  $\sigma_a=0,57 \pm 0,27$  mSm<sup>-1</sup>). Myöskään Sutinen ym. (2002b) eivät löytäneet näyttöä siitä, että kuviokohtainen moreenien vesipitoisuus olisi korkeampi vastikään uudistetuissa (2–3 vuotta) aloissa kuin lähempänä vakiintumisikää olevissa (8–20 vuotta) aloissa. Näyttääkin siltä, että moreenien fysikaaliset ja geokemialliset ominaisuudet, ei niinkään topoklimaattinen sijainti, määräävät vesi- ja ravinnetalouden ja sitä kautta säätelevät aluskasvillisuuden lajistoa ja peittävyttä sekä puulajikoostumusta (Salmela ym. 2001, Sutinen ym. 2002a, ks. myös McBride ym. 1990, Richardson 1998).

Auratun mineraalimaan vesipitoisuus ei poikennut koskemattoman välialueen tai luonnontilaisen kuusikon alla olevan moreenin vesipitoisuudesta. Tulokset osoittavat, että mineraalimaahan (piennar tai jätkänpolku) istutettujen ja kylvettyjen männynmännynjuuristovöyhykkeen vesitalouteen ei saada aurauksella toivottua parannusta pitkällä aikavälillä. Moreenien spatiaalisesta vaihtelusta johtuen (Hanninen 1997) kuitenkin kaikilla kuvioilla vesipitoisuus vaihteli voimakkaasti. Mielenkiintoista on, että välialueen vesipitoisuus korreloi merkitsevästi palteen ( $\rho=0,96$ ) ja mineraalimaan vesipitoisuuden kanssa ( $\rho=0,95$ ). Samoin palteen ja mineraalimaan vesipitoisuudet korreloivat merkitsevästi ( $\rho=0,99$ ). Tämä osoittaa, että kohdissa, joissa muokkaamaton välialue (moreeni) oli märkää, myös viereinen palle ja mineraalimaa olivat märkiä ja jos muokkaamaton oli kuiva, myös viereinen palle ja mineraalimaa olivat kuivia. Mineraalimaan vesipitoisuuden vaihtelu selittää entisiin HMT-kuusikkoihin tehtyjen männynviljelyjen epätasaisen taimikorakenteen siten, että vakiintumisvaiheessa elossa ovat ne männyt, joiden kasvupaikan vesipitoisuus on alle 27 % (Sutinen ym. 2002b).

Maan vesipitoisuus ja vedenpidätyskyky ovat raekoostumus-riippuvia, josta johtuen vesipitoisuuden spatiaaliset vaihtelut koskemattomassa välialueessa ja auratussa mineraalimaassa näyttävät säilyvän 8–23 vuotta aurauksesta. Sen sijaan palteen vesipitoisuus alkuvaiheessa (2–4 vuotta) todennäköisesti on ollut alhaisempi. Elliott ym. (1998) mukaan 4-vuotiaan palteen vesipitoisuus on merkittävästi pienempi kuin auratussa mineraalimaassa. Sen sijaan uudelleen konsolidoituminen saa aikaan palteen vesipitoisuuden palautumisen 15 vuodessa. Tässä tut-

kimuksessa palteen ja koskemattoman välialueen vertailu osoitti juurivyöhykkeen vesipitoisuuden olevan merkitsevästi pienempi 8-vuotiaassa palteessa kuin 23-vuotiaassa palteessa. Kuitenkin 23-vuotiaan palteen vesipitoisuus oli enää marginaalisesti ( $0,008 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ ) pienempi kuin koskemattomassa välialueessa. Tämä viittaa siihen, että entisiin HMT-kuusikkojen moreeneihin tehtyjen aurauksien vaikutus palteessa ei säily männyn koko kiertoaikaa (100–160 vuotta). Sen sijaan entisillä mäntyvaltaisilla hiekkamailla maanmuokkaus, aurauksen mukana lukien, voi parantaa kasvupaikan tuotoskykyä männylle vuosikymmeniksi (Örlander ym. 1996).

Käsittelyjen ravinnepotentiaali väheni merkitsevästi ( $p=0$ ) alenevasa sarjassa koskematon välialue >palle >aurattu mineraalimaahan (kuva 3). Vaikka hakkuujäte voi toimia ravinnepotentiaalin välialueessa ravinnepotentiaali ( $\sigma_a=0,70\pm 0,04 \text{ mSm}^{-1}$ ) oli merkitsevästi alhaisempi kuin kuusikkojen alla olevassa moreenissa ( $\sigma^{(Ku)}=0,96 \text{ mSm}^{-1}$ ,  $n=2818$ ) myöhäiskesällä 1999 (Sutinen ym. 2002a). Tutkitut moreenit ovat peräisin Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen emäksisestä kallioperästä ja siten moreenien Mg- ja Ca-pitoisuudet ovat yleensä korkeita. Sähkönjohtavuuden on todettu korreloivan metsämaan Ca:n ja Mg:n kanssa (McBride ym. 1990), joten auratussa mineraalimaassa todettu ravinnepotentiaalinen ( $\sigma_a=0,34\pm 0,03 \text{ mSm}^{-1}$ ) heikkeneminen voi liittyä Ca:n ja Mg:n huuhtoutumiseen.

Kuusen luontainen uudistuminen oli olematonta auratussa mineraalimaassa ( $\sigma_a=0,27 \text{ mSm}^{-1}$ ) 8–23 vuodessa huolimatta siitä, että kaikkia kuvioita ympäröi kuusimetsä. Tässä tutkimuksessa 80 % mineraalimaan  $\sigma_a$ -havainnoista (ks. kuva 3) oli alhaisempia kuin kuusen edafinen raja Lapissa  $\sigma_a < 0,5 \text{ mSm}^{-1}$  (Sutinen ym. 2002). Kuusen kasvun ja tuotoksen on todettu riippuvan maaperän Ca- ja Mg-saatavuudesta (Vejre 1999), joten näiden elementtien huuhtoutuminen mahdollisesti vaikeuttaa kuusen taimettumista aurattuun mineraalimaahan. Myöskään aluskasvillisuus ei ollut kehittynyt mineraalimaahan, ja se oli paljaana vielä 20 vuotta aurauksen jälkeen. Sen sijaan kuusen taimia löytyi (200–1000 kpl/ha) koskemattomasta välialueesta ( $\sigma_a=0,76 \text{ mSm}^{-1}$ ). Meillä kylmissä oloissa huomattava osa pintavalunnasta tapahtuu lumensulamisen yhteydessä (Solantie 1987), jolloin hapan ( $\text{pH}\approx 4,5$ ) ja  $\text{CO}_2$ -pitoinen sulamisvesi voimistaa orgaanisen aineksen ja ravinteiden huuhtoutumista. Toisaalta happamat olot lisäävät myös alumiinin liukenemistä, joten lisätutkimukset ovat tarpeen monimutkaisten kemiallisten prosessien ymmärtämiseksi (ks. Örlander ym. 1996).

Tämän tutkimuksen perusteella Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeessä entisten HMT-kuusikkojen moreenien vesitaloutta ei voida aurauksen avulla muuttaa männylle soveliaaksi. Useiden tutkimusten (Hänninen 1997, Salmela ym. 2001, Sutinen ym. 2002a, 2002b, Hyvönen ym. 2003) perusteella näyttää kuitenkin siltä, että HMT-kuusikkokuvioiden sisällä on osa-alueita, joissa moreeninen vesipitoisuus on alhaisempi kuin män-

nyn edafinen raja ( $\epsilon > 15$ ;  $\theta > 0,27 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ; Sutinen ym. 2002a). Siten kasvupaikan tuotoskykyä männyn kannalta voi olla mahdollista parantaa muokkauksin (ks. Örländer ym. 1996), mikäli kasvupaikkojen soveltuvuus männylle kartoitetaan jo suunnitteluvaiheessa esim. maastossa tehtävin TDR- tai RSAD-mittauksin (Hänninen 1997, Sutinen ym. 2002a) tai maisematasolla perustuen matalalento-gamma-mittauksiin (Hyvönen ym. 2003).

## Kirjallisuus

- Elliott, J. A., Toth, B. M., Granger, R. J. & Pomeroy, J. W. 1998. Soil moisture storage in mature and replanted sub-humid boreal forest stands. *Canadian Journal of Soil Science* 78: 17–27.
- Hyvönen, E., Päänttjä, M., Sutinen, M.-L. & Sutinen, R. 2003. Assessing site suitability for Scots pine using airborne and terrestrial gamma-ray measurements in Finnish Lapland. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1–11.
- Hänninen, P. 1997. Dielectric coefficient surveying for overburden classification. Geological Survey of Finland, Bulletin 396. 72 s.
- McBride, R. A., Gordon, A. M. & Shrive, S.C. 1990. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 54: 290–293.
- Puranen, R., Sulkanen, K., Nissinen, R. & Simelius, P. 1999. Ominaisvastuuluotaimet ja vastustalikot. Geological Survey of Finland, Espoo, Report Q15/27.4/99/2. 8 s.
- Richardson, D. M. (toim.) 1998. Ecology and biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 527 s.
- Riissanen, N. & Härkönen, J. (toim.). 2001. Lapin metsäohjelma 2001–2005. Lapin metsäkeskus. 48 s.
- Salmela, S., Sutinen, R. & Sepponen, P. 2001. Understorey vegetation as an indicator of water content in till soils in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 331–341.
- Solantie, R. 1987. Seasonal water balance components in hydrological regionalization. *Aqua Fennica* 17(2): 133–145.
- Sutinen, R., Teirilä, A., Päänttjä, M. & Sutinen, M.-L. 2002a. Distribution and diversity of tree species with respect of soil electrical properties in Finnish Lapland. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1158–1170.
- Teirilä, A., Päänttjä, M. & Sutinen, M.-L. 2002b. Survival of artificially regenerated Scots pine on till soils with respect to varying dielectric properties. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1151–1157.
- Topp, G. C., Davis, J. L. & Annan, A. K. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. *Water Resources Research* 16(3): 574–582.

- Vejre, H. 1999. Stability of Norway spruce plantations in western Denmark-soil nutrient aspects. *Forest Ecology and Management* 114: 45–54.
- Witzell, J. & Karlman, M. 2000. Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with a harsh climate in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15(2): 202–209.
- Örlander, G., Egnell, G. & Albrektson, A. 1996. Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management* 86(1–3): 27–37.

# Maaston korkeuden ja metsikön ominaisuuksien vaikutus taimimääriin ja taimikoiden keskipituuteen

*Ville Hallikainen, Mikko Hyppönen, Tarmo Aalto,  
Risto Jalakanen ja Kari Mäkitalo*

## I Mittausaineistot ja laskentamenetelmät

Kesällä 2001 inventoitiin 265 viljelyketjujen ja uudistamisvuosikymmenten suhteen painottaen satunnaisesti poimittua Lapin lailla viljeltyä taimikkoa. Taimikoista 212 oli viljelty kerran loppujen ollessa täydennysviljelyitä. Tässä esityksessä keskitytään ensi kertaa viljeltyihin taimikoihin. Tutkimusongelmana haluttiin tarkastella erityisesti maaston korkeuden vaikutusta kehityskelpoisten viljelytaimien, kaikkien kehityskelpoisten taimien määriin ja metsiköiden keskipituuksiin. Metsikön iän vaikutusta tarkasteltiin ns. kovariaattina ja se on mukana niissä malleissa, joissa sillä on merkitsevää vaikutusta taimimääriin tai taimikoiden pituuksiin.

Kehityskelpoisten taimien määriä selittäviä malleja laadittaessa kehitettiin uudistamismenetelmän ja maankäsittelyn lisäksi malleissa lukuisia metsikön ominaisuuksia ja luonnonoloja kuvaavia muuttujia, kuten kasvupaikkatyyppiä, heinittymisen määrää, rinteiden pääekspositiota, poron lehtipuihin kohdistunutta laidunnuksen astetta, taimikonperkauksen tarvetta ym. Lopulliset mallit laadittiin niillä muuttujilla ja muuttujien yhdysvaikutuksilla, jotka olivat tilastollisesti merkitseviä 5 %:n riskitasolla tai hyvin lähellä tätä rajaa. Alueuuttujaa ei näihin malleihin sisällytetty, kuten ei taimikon keskipituutta selittäviin malleihinkaan.

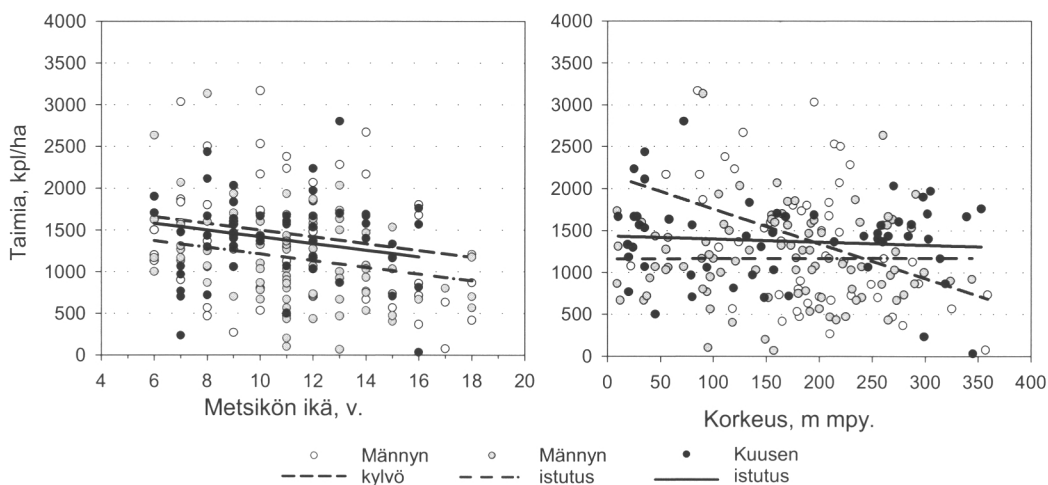
Taimikon keskipituusmalleissa vertailtiin uudistamismenetelmistä kuusen ja männyn istutusta sekä männyn istutusta ja kylvää lievästi ja voimakkaasti muokattuun maahan. Maaston korkeus ja metsikön ikä olivat suhdeasteikolla mitattuina jatkuvina selittäjinä malleissa. Muitakin metsikön ominaisuuksia ja luonnonoloja kuvaavia muuttujia kokeil-

tiin malleihin samalla tavoin kuin taimimääriä kuvaavissa malleissa. Taimikon keskipituusmalleissa käytettiin selitettävänä muuttujana taimikon keskipituuden logaritmia. Selittävästä muuttujasta taimikon iän eksponenttina käytettiin arvoa  $-0,5$ . On huomattava, että keskipituusmalleissa selitysasteet sekä muuttujien ja parametrien tilastolliset testit koskevat muunnettuja asteikkoja. Mallien havainnollistamiseksi esitimoidut arvot palautettiin alkuperäiselle asteikolle. Kuvissa esitettiin mallin alkuperäiselle asteikolle palautettujen ennusteiden lisäksi myös alkuperäiset havaintoarvot, jotta mitatun aineiston hajonta ym. ja palautettujen estimaattien sopivuus aineistoon kävisi ilmi. Kaikissa malleissa taimikot oletetaan toisistaan riippumattomiksi havainnoiksi ja mallit ovat ns. yleisiä lineaarisia malleja.

## 2 Mitä saatiin selville?

Kehityskelpoisia kuusen viljelytaimia ja männyn kylvötaimia oli keskimäärin jonkun verran enemmän kuin männyn istutustaimia (kuva 1). Ero oli suunnilleen samanlainen taimikon iästä riippumatta. Kaikilla menetelmillä viljeltyjen taimikoiden kehityskelpoisten viljelytaimien määrä oli vähäisempi vanhemmissa taimikoissa nuorempiin verrattuna. Maaston korkeuden lisääntyminen vaikutti selvästi kielteisimmin männyn kylvötaimikoiden kehityskelpoisten kylvötaimien määrään.

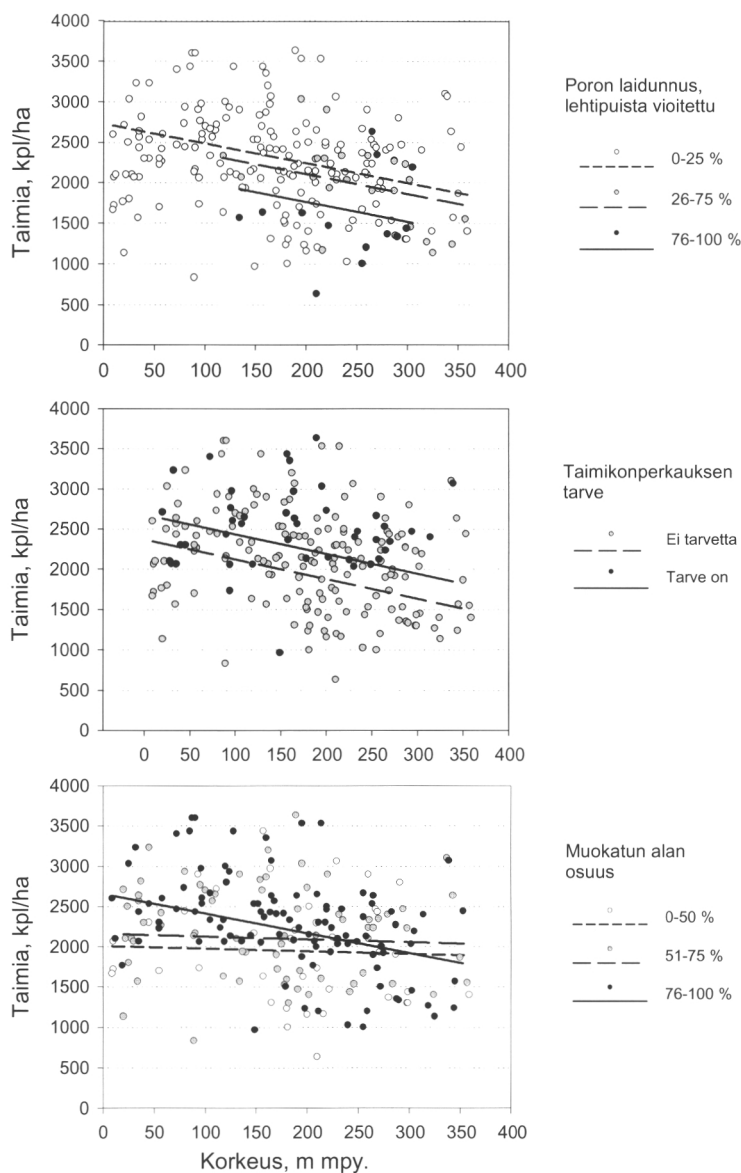
Kaikkien kehityskelpoisten taimien määrään ei metsikön ikäänäntyminen kuudesta vuodesta kahdeksaentoista vuoteen vaikuttanut. Sitä-



Kuva 1. Uudistamismenetelmän, maaston korkeuden ja metsikön iän vaikutus kehityskelpoisten viljelytaimien määrään. Mallin selitysaste on 15,5 %.



vastoin maaston korkeuden lisääntyessä merenpinnan tason tuntumasta noin 350 metriin taimimäärä väheni keskimäärin noin 500 kpl/ha (kuva 2). Maaston korkeuden lisäksi myös poron lehtipuihin kohdistuneen laidunnuksen voimakkuus, muokatun alan osuus sekä lehtipuuston määrä ja laatu, jota taimikon perkaustarve kuvaa, vaikuttivat kehityskelpoisten taimien kokonaismäärään. Mikäli poro oli viottanut kolmea neljäsosaa

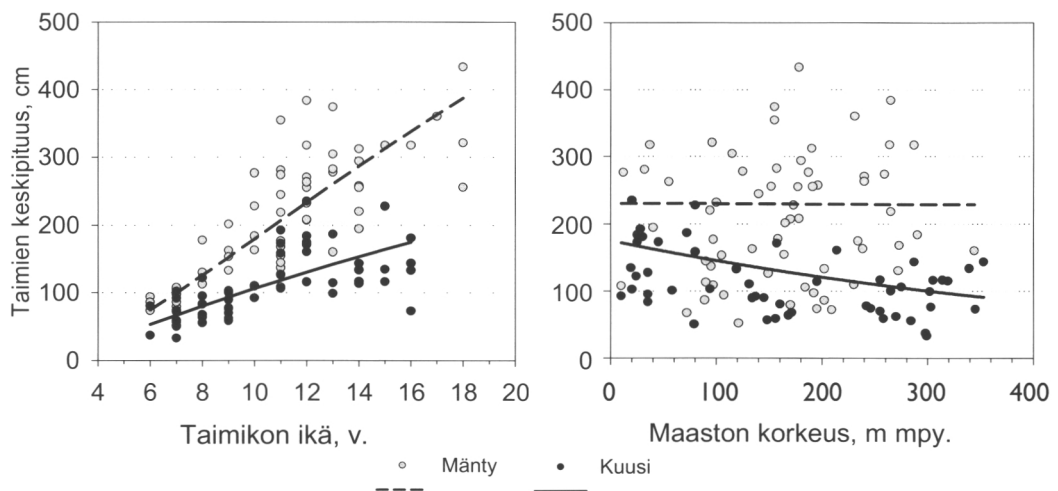


Kuva 2. Eräiden metsikkötekijöiden ja maaston korkeuden vaikutus kehityskelpoisten taimien kokonaismäärään. Mallin selitysaste on 78,1 %.

lehtipuun taimista, jäi kehityskelpoisten taimien kokonaismäärä noin puolta tuhatta tainta vähäisemmäksi verrattuna taimikoihin, joissa laidunnus oli vähäisempään. Voimakas poron laidunnus kohdistuu yli 150 metriä merenpinnasta sijaitseviin taimikoihin. Muokatun alan osuuden lisääntyminen lisäsi kehityskelpoisten taimien määrää kohtalaisen alavilla mailla sijaitsevilla uudistusaloilla. Yli 200 metriä merenpinnasta sijaitsevilla uudistusaloilla muokatun alan osuuden lisääntyminen ei lisännyt kehityskelpoisten taimien määrää. Perkaamattomissa taimikoissa kehityskelpoisten taimien määrä oli keskimäärin suurempi kuin peratuissa taimikoissa. Lehtipuun määrän lisääntyessä lisääntyy myös taimikkoa täydentävien kehityskelpoisten luonnontaimien määrä, mikäli lehtipuiden, lähinnä koivujen, luonnontaimia hyväksytään viljelytaimikoita täydentämään eikä lehtipuita ole niin runsaasti, että viljelytaimet vallan tuhoutuvat.

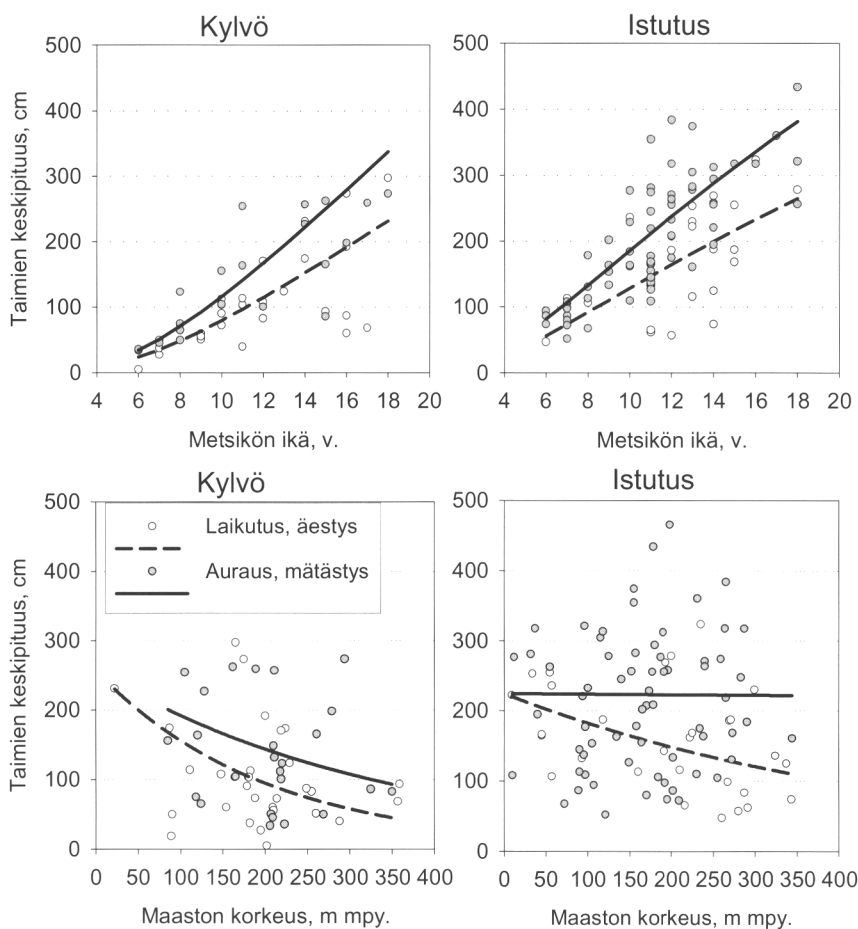
Kaikkiaan taimimäärämalleista on todettava, että vaikka merkitsevät muuttujat erottuivatkin malleissa, niiden selitysaste oli varsin vaatimaton. Taimimäärien suuri hajonta tarkoittaa, että hyvin monet muutkin tekijät kuin malleissa esitetyt vaikuttavat taimikon taimimäärään. Myös sattumalla, kuten yllättävillä bioottisilla ja abioottisilla tuhoilla, on suuri merkitys.

Vaikka kehityskelpoisia kuusen istutustaimia oli uudistusaloilla enemmän kuin männyntaimia, kasvoivat kuusen istutustaimet selvästi hitaammin kuin männyn istutustaimet; samanikäisten kuusen taimikoiden keskipituus jäi selvästi ja lisääntyvästi jälkeen männyn istutustaimikoiden keskipituudesta (kuva 3). Lisäksi maaston korkeuden lisääntyminen vaikutti voimakkaammin kuusentaimikoiden keskipituuteen.



Kuva 3. Korkeuden ja taimikon iän vaikutus männyn ja kuusen istutustaimikoiden keskipituuteen. Mallin selitysaste on 78,1 %.

Vertailtaessa männyn istutus- ja kylvötaimikoita kevyesti (laikutus, äestys) ja voimakkaasti (auraus, mätästys) muokatuilla mailla havaittiin, että kylvötaimikoiden keskipituus jäi noin puoli metriä alhaisemmaksi istutustaimikoihin verrattuna, joskin vanhemmissa taimikoissa ero kaventui hieman (kuva 4). Voimakkaammin muokatuilla uudistusaloilla taimien keskipituus oli keskimäärin noin metriä suurempi kuin lievemmin muokatuilla uudistusaloilla taimikon iän lähestyessä 20 vuotta. Maaston korkeuden lisääntyminen vaikutti kielteisesti eri tavoin muokattujen kylvötaimikoiden keskipituuteen, eikä muokausmenetelmien ero kasvanut kovin voimakkaasti. Sitä vastoin maaston korkeuden lisääntyminen vaikutti selvästi kielteisemmin lievästi muokattujen männyn istutustaimikoiden keskipituuteen verrattuna voimakkaasti muokattujen männyn istutustaimikoiden keskipituuteen. Todettakoon, että kas-



Kuva 4. Uudistamismenetelmän, maanmuokkauksen sekä maaston korkeuden vaikutus eri iässä olevien taimikoiden keskipituuteen. Mallin selityksaste on 75,4 %.

vupaikan viljavuus ei ollut merkitsevä muuttuja taimikon keskipituusmalleissa. Kasvupaikat jakaantuivat tosin lähinnä kuivahkoihin ja tuoreisiin kankaisiin.

Molempien pituusmallien selitysasteet ovat varsin hyvät. On kuitenkin huomattava, että ne ovat muunnetuilla asteikoilla laadittujen mallien selitysasteita.

### 3 Päätelmiä

1. Männyn kylvö ei sovi niin hyvin korkeille maille kuin männyn tai kuusen istutus, mikäli halutaan mahdollisimman suuren määrän viljelytaimia säilyvän kehityskelpoisina.
2. Luonnontaimet ovat merkittäviä viljelytaimikoiden täydentäjiä, kun viljelytaimia tuhoutuu taimikon ikääntyessä. Varsinkin koi-vut, etenkin hieskoivu, ovat merkittäviä täydennyspuita. Korkeilla mailla voimakas poron laidunnus haittaa selvästi maksimaalista metsänuudistumista.
3. Liiallista havupuutaimikoiden ”siivoamista” lehtipuun taimista tulee välttää. Myös puuntuotannon näkökulmasta on huolehdittava riittävästä lehtipuusekoituksesta.
4. Metsikön ikääntyminen tai maaston korkeuden lisääntyminen vaikuttaa suunnilleen samalla lailla männyn ja kuusen istutus-taimien elossaoloon. Koska kuusi kasvaa selvästi mäntyä hi-taammin, kannattaa kuusen viljelyä harkita tarkoin.
5. Voimakkaan maanmuokkauksen merkitys korostuu, mikäli kor-keille alueille istutettujen männyntaimien halutaan kasvavan mahdollisimman nopeasti. Voimakas maanmuokkaus muuttaa maanpinnan mikrotopografiaa, jolloin maan lämpöolot ja ravin-nemobilisaatio paranevat. Lämpöolojen paranemisen merkitys korostuu korkeilla alueilla.

Nämä tulokset on laskettu laajahkosta inventointiaineistosta, joka paljastaa melko hyvin erilaisia gradientteja. Ongelmana on kuitenkin vai-kuttavien tekijöiden kompleksisuus, joka vaikeuttaa mallien laadintaa. Mallit ovat hyvin karkeita ja ennen kaikkea hypoteeseja tuottavia. En-nustemalleina näitä malleja ei juuri kannata käyttää. Tuloksia pitää varmentaa ja tarkentaa myös järjestettyjen kokeiden tuottamien tulosten avulla.

Nämä tulokset ovat esituloksia, jotka esitetään varauksin. Myöhem-min tulokset tullaan julkaisemaan tieteellisissä sarjoissa.

# Kontortamännyn alkukehitys

*Martti Varmola ja Hannu Salminen*

## I Johdanto

Kontortamäntyä (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) pidetään yhtenä lupaavimmista ulkomaisista puulajeista Pohjoismaissa. Sen kokonaistuotos ylittää männyn (*Pinus sylvestris* L.) tuotoksen selvästi, eri tutkimusten mukaan 25–75 %. Myös kontortan alkuvaiheen kehitys on nopeampi kuin männyllä.

Luontaisella esiintymisalueellaan, Brittiläisessä Kolumbiassa ja Albertassa Kanadassa sekä Kalliovuorilla Yhdysvalloissa, kontortamänty uudistuu metsäpalon jälkeen erittäin hyvin (Koch 1996). Se muodostaa tavattoman tiheitä taimikoita, joissa saattaa olla jopa 100 000–200 000 tainta hehtaarilla. Harventamattomana taimikon kehitys saattaa tyystin pysähtyä.

Kanadassa Johnstone (1982) suosittelee taimikoiden harventamista 1600 runkoon hehtaarilla. Voimakas taimikonharvennus lisää lievästi puiden pituuskasvua. Yangin (1991) mukaan kontortataimikko tulisi harventaa hyvillä kasvupaikoilla 3000 taimeen ja karuilla 1600 taimeen hehtaarilla. Kanadassa yleinen istutustiheyssuositus on 8 x 8 jalkaa (2,4 x 2,4 metriä eli 1700 tainta hehtaarilla) mutta kasvupaikan viljavuuden mukaan suositellaan suurempiakin taimimääriä (Johnstone ja Pollack 1990, Koch 1996).

Ruotsissa kontortamäntyä suositellaan viljeltäväksi viljavuudeltaan keskimääräisillä ja sitä karummilla kasvupaikoilla, joilla sen paremmuus mäntyyn verrattuna olisi suurin (Ericsson 1993). Elfving ja Norgren (1993b) ovat kuitenkin todenneet, että kontortamännyn noin 35 %:n tuotosero mäntyyn ei riipu kasvupaikasta. Sen sijaan kuusi (*Picea abies* (L.) Karst) tuottaa rehevillä kasvupaikoilla joko saman verran tai jopa enemmän puuta kuin kontortamänty.

Kontortamännyn tutkimus Pohjoismaissa on keskittynyt alkuperäky-symyksiin erityisesti Ruotsissa, jossa on noin 560 000 hehtaaria kontortamännyn viljelmiä. Suomessa ohjeet kontortamännyn viljelyssä ovat pohjautuneet pääasiassa Ruotsin kokemuksiin. Niinpä tutkimuksia kontortamännyn eloonjäämisestä, alkukehityksestä, tuotoksesta ja kasvu-

paikkavaatimuksista on hyvin vähän. Tutkimukset ovat perustuneet joko vanhoihin viljelmiin, joissa on käytetty liian eteläisiä alkuperiä, kattaneet hyvin lyhyen ajanjakson viljelystä tai keskittyneet Pohjois-Suomeen ja kontortamännillä ilmeneviin tuhoihin.

Kontortamännyn kasvatuksen peruskysymyksiä ei ole Suomessa selvitetty. Näitä ovat mm.:

- Mitkä kasvupaikat sopivat kontortamännille parhaiten?
- Voiko kontortamäntyä viljellä koko maassa?
- Voiko kontortamäntyä viljellä soilla?
- Mikä on kontortamännyn optimiviljelytiheys?
- Voiko kontortamäntyä viljellä kylväen?
- Vaihteleeko kontortamännyn kasvun taso verrattuna mäntyyn tai kuuseen kasvupaikan mukaan?
- Vaihteleeko kontortamännyn elävyys ja kasvu alkuperän mukaan?

Näiden kysymysten selvittämiseksi Metsäntutkimuslaitos perusti laajan sarjan kontortamännyn kasvatuskokeita 1981–1982 Metsäteollisuus ry:n aloitteesta. Perusajatuksena oli tutkia kontortamännyn menestymistä maan eri osissa, eri kasvupaikoilla ja eri viljelytiheyksillä mutta ei niinkään alkuperäkysymyksiä. Rikala (1989) on esittänyt alustavia tuloksia koesarjasta kuuden kasvukauden jälkeen. Tässä artikkelissa esittelemme päätulokset 13–14 kasvukauden jälkeen, jolloin kontortataimikot olivat jo pääosin sulkeutuneet ja varhaisvaiheen taimituhot oli ohitettu.



Valokuva Risto Jalakanen

Kontortamännyn kasvatuskokeita on mm. Kivalon tutkimusalueella. Valokuva tutkimusalueen puulajipolulta, jossa voi tutustua kontortan lisäksi noin 20 eri puulajiin.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Aineiston maantieteellisen kattavuuden turvaamiseksi Suomi jaettiin metsäkeskuksittain (silloiset piirimetsälautakunnat) viiteen vyöhykkeeseen, joista jokaiseen pyrittiin saamaan yksi koe neljälle kasvupaikkatyypille kuivasta lehtomaiseen kankaaseen ja yksi koe suopohjalle. Sopivien avohakkuualueiden puutteessa jouduttiin kuitenkin tyytymään 22 kokeeseen ja 15 kasvupaikka-vyöhyke -vaihtoehtoon (taulukko 1). Koikeista kaksi sijaitsee Ahvenanmaalla ja pohjoisin Kittilässä (kuva 1).

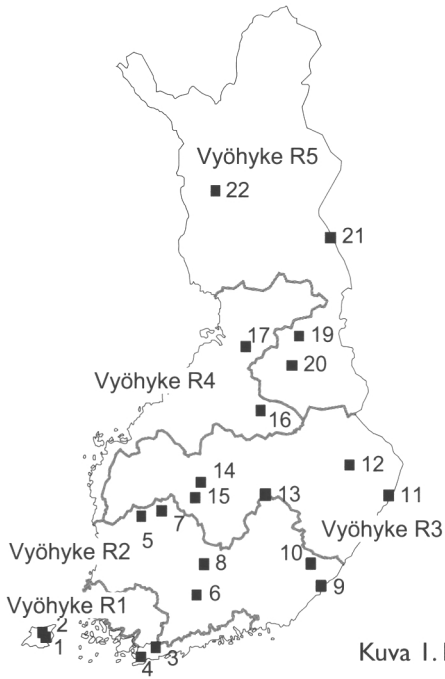
Jokaisessa kokeessa oli vähintään kuusi käsittelyä, joista neljä kontortamännyn istutusta eri tiheyksiin (T1, T2, T3 ja T4) (taulukko 2). Kontortan kylvö (T5) ja istutus kotimaisella puulajilla (T7) olivat muut käsittelyt. Lisäksi useimmilla kokeilla istutettiin pohjoisempaa alkupe-  
rää olevaa kontortamäntyä (T6). Uudistusalojen pienuuden vuoksi vain 17 kokeella käsittelyt voitiin tehdä kahtena toistona. Käsittelyt arvottiin toistojen sisällä.

Kontortamännyn istutustaimet olivat yleisimmin 2–3 vuotiaita paljasjuuritaimia, mutta viidellä kokella käytettiin 1–2 vuotiaita pottitaimia. Kolmella kokeella kotimaisena puulajina istutettiin 3–4 vuotiaita paljasjuuris-  
ia kuusia ja muilla 1–3 vuotiaita männyn paljasjuuritaimia. Yksityiskohtaisesti kontortamäntytien alkuperät on esitetty Varmolan ym. (2000) julkaisussa. Eteläisintä vyöhykettä lukuunottamatta viljelyt tehtiin vuonna 1981. Koska tutkimuksen päätarkoitus oli tutkia kasvatustiheyden vaikutusta kontortamännyn kehitykseen, muutamina seuraavina vuosina tehtiin täydennysistutuksia, jos siihen oli tarvetta. Heinän- ja vesantorjunta tehtiin normaalin käytännön mukaisesti.

Koeruudut olivat kooltaan 0,3–0,5 hehtaaria. Ne mitattiin kuuden kasvukauden jälkeen, jolloin todettiin kuolleisuus, tuhot ja taimien keskipituus. 2000 taimen tiheyteen viljellyt koeruudut (T3, T5 ja T7) mitattiin tarkemmin. Taimen pituus, viimeinen vuosikasvu, elinvoima ja taimituhot kartoitettiin yhdeksältä systemaattisesti sijoitetulta ympyrältä (säde 3,99 m) sijaitsevista taimista.

Koeruudut mitattiin uudelleen vuosina 1994–1995, 13–14 kasvukauden jälkeen. Jokaiselle koeruudulle sijoitettiin kaksi ympyräkoelaa siten, että lukupuiden määrä oli yhteensä vähintään 100. Lukupuista mitattiin sijainti (suunta ja etäisyys ympyräkoelalan keskipisteestä), kanto-  
läpimitta, rinnankorkeusläpimitta, läpimitta 30 %:n korkeudelta, pituus, latvusluokka, ja tuhon voimakkuus. Kolmasosa lukupuista, lähinnä ympyräkoelalan keskipistettä, valittiin koepuiksi. Näistä mitattiin lisäksi viiden vuoden pituuskasvu.

Koejärjestelynä oli satunnaistetut lohkot. Tilastolliset analyysit tehtiin yleisellä lineaarisella mallilla. Tilastolliset analyysit on lähemmin kuvattu Varmolan ym. (2000) julkaisussa.



Kuva 1. Kokeiden sijainti vyöhykkeittäin (R).

Taulukko 1. Koel alueiden jakaantuminen kasvupaikkatyypeihin ja vyöhykkeisiin.

Kasvupaikka	Vyöhyke				
	Etelä-rannikko	Satakunta, Häme, Etelä-Karjala	Keski-Suomi, Pohjois-Karjala	Pohjanmaa	Lappi, Kainuu
Lehtomainen kangas	2	2			
Tuore kangas	1		2	1	1
Kuivahko kangas			1	2	2
Kuiva kangas	1	1			1
Suo		2	1	2	

Taulukko 2. Koejärjestely.

Käsittely	Puulaji	Viljelytiheys tai kylvökohtia, ha <sup>-1</sup>	Taimi- ja riviväli
T1	Kontorta, istutus	6 400	1,25×1,25
T2	Kontorta, istutus	3 300	1,75×1,75
T3	Kontorta, istutus	2 000	2,25×2,25
T4	Kontorta, istutus	1 100	3,00×3,00
T5	Kontorta, kylvö	2 000	2,25×2,25
T6	Kontorta, istutus, toinen alkuperä	2 000	2,25×2,25
T7	Mänty tai kuusi, istutus	2 000	2,25×2,25



### 3 Tulokset

13–14 vuoden kuluttua viljelystä 68 % istutetuista ja 61 % kylvetyistä kontortamännyn taimista oli elossa (taulukko 3). Kuusen elävyys oli suurin, 92 %, ja männyn 82 %. Kontortamännyn elävyysprosentti oli jonkin verran parempi harvaan istutetuilla ruuduilla. Kontortamännyn paras elävyys saavutettiin kuivahkoilla (82 %) ja kuivilla (71 %) kankailla. Myös kylvö onnistui parhaiten näillä kasvupaikoilla, joskin kylvön onnistuminen vaihteli huomattavasti enemmän kuin istutuksen. Soilla kontortamänty menestyi heikoinen (55 %). Kontortamännyn keskimääräinen elävyys eri kasvupaikoilla ei vaihdellut kovinkaan paljon eri puolilla maata.

Taulukko 3. Istutetun kontortamännyn (T1, T2, T3, T4), kylvetyn kontortamännyn (T5) ja istutetun männyn (T7) keskimääräinen elävyysprosentti eri kasvupaikoilla 13–14 vuotta viljelyn jälkeen. Bonferroni-sovitetussa T-testissä saadut tilastolliset erot on ilmaistu käsittelykeskiarvojen (T) ja kasvupaikkojen elävyykeskiarvojen jälkeen eri kirjaimilla 5 % merkitsevyystasolla. Tähdellä merkityt yleiseskiarvot ilmaisevat käsittelyjen tai kasvupaikkojen eroavan toisistaan 5 %:n \*, 1 %:n \*\* tai 0,1 %:n \*\*\* riskitasolla.

Käsittely Havainnot	Kasvupaikka					Keskiarvo	Havainnot 148
	Lmk 21	Tuore 35	Kuivahko 40	Kuiva 20	Suo 32		
Elävyys-%							
T1	63,2	56,7	81,1	68,4	43,7	63,3 <sup>a</sup>	34
T2	65,2	60,2	80,1	67,1	49,1	64,7 <sup>a</sup>	39
T3	55,5	64,2	85,1	64,4	61,1	67,3 <sup>ab</sup>	40
T4	66,1	78,1	79,6	85,6	67,2	75,7 <sup>b</sup>	35
Keskiarvo	61,7 <sub>a</sub>	64,8 <sub>a</sub>	81,5 <sub>b</sub>	71,4 <sub>ab</sub>	55,3 <sub>a</sub>	67,7 <sup>*(T)</sup> (kasvup.)	
T5	30,7 <sub>a</sub>	48,5 <sub>a</sub>	83,8 <sub>b</sub>	75,2 <sub>bc</sub>	62,1 <sub>ac</sub>	61,4 <sup>***</sup> (kasvup.)	38
T7 (mänty)	87,9 <sub>a</sub>	83,5 <sub>a</sub>	81,1 <sub>a</sub>	71,2 <sub>a</sub>	86,4 <sub>a</sub>	82,0 <sub>ns</sub> (kasvup.)	34
T7 (kuusi)	91,5						5

Kontortamännyn pituuskasvu oli mäntyä selvästi parempi. 13–14 vuoden kuluttua viljelystä kontortamännyn valtapituus oli keskimäärin 5,4 metriä ja männyn yli metrin vähemmän (taulukko 4). Viljelytiheydellä ei ollut vaikutusta kontortamännyn valtapituuskehitykseen. Kasvupaikan viljavuuden vaikutus sen sijaan oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Lehtomaisella kankaalla valtapuut olivat metrin pitempiä kuin tuoreella. Kuivahkon ja kuivan kankaan välinen ero oli keskimäärin vain 0,2 metriä. Kylvetyt kontortamännyn olivat kasvaneet suhteellisesti erittäin hyvin kuivahkolla kankaalla (taulukko 4).

Taulukko 4. Istutetun kontortamännyn (T1, T2, T3, T4), kylvetyn kontortamännyn (T5) ja istutetun männyn (T7) keskimääräinen valtapituus, pohjapinta-ala ja tilavuus eri kasvupaikoilla 13–14 vuotta viljelyn jälkeen. Bonferroni-sovitetussa T-testissä saadut tilastolliset erot on ilmaistu käsittelykeskiarvojen (T) ja kasvupaikkojen elävyykeskiarvojen jälkeen eri kirjaimilla 5 % merkitsevyystasolla. Tähdellä merkityt yleiskeskisarvot ilmaisevat käsittelyjen eroavan toisistaan 5 %:n \*, 1 %:n \*\* tai 0,1 %:n \*\*\* riskitasolla.

Käsittely Havaintoja	Kasvupaikka					Keskiarvo	Havaintoja 132
	Lmk 21	Tuore 28	Kuivahko 40	Kuiva 20	Suo 24		
Valtapituus, m							
T1	7,3	5,9	5,2	4,3	4,3	5,3 <sup>a</sup>	30
T2	6,7	5,8	5,3	4,7	4,5	5,4 <sup>a</sup>	35
T3	6,6	5,8	5,6	4,3	4,4	5,5 <sup>a</sup>	36
T4	6,6	5,7	5,1	4,7	4,0	5,2 <sup>a</sup>	32
Keskiarvo	6,8 <sub>a</sub>	5,8 <sub>a</sub>	5,3 <sub>ab</sub>	4,5 <sub>b</sub>	4,3 <sub>b</sub>	5,4 <sup>ns(T)</sup> *** <sub>(kasvup.)</sub>	
T5	5,4 <sub>a</sub>	4,0 <sub>ab</sub>	4,3 <sub>a</sub>	4,2 <sub>ab</sub>	3,4 <sub>b</sub>	4,4 <sup>**</sup> <sub>(kasvup.)</sub>	38
T7	5,9 <sub>a</sub>	5,0 <sub>a</sub>	4,4 <sub>a</sub>	3,9 <sub>ab</sub>	3,4 <sub>b</sub>	4,3 <sup>***</sup> <sub>(kasvup.)</sub>	34
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>							
T1	19,1	15,0	8,8	5,1	3,6	9,5 <sup>a</sup>	
T2	12,1	11,2	6,7	4,4	3,1	7,7 <sup>b</sup>	
T3	6,5	6,9	6,3	2,3	2,2	5,2 <sup>c</sup>	
T4	4,9	5,5	3,3	2,4	1,5	3,5 <sup>d</sup>	
Keskiarvo	10,2 <sub>a</sub>	9,2 <sub>a</sub>	6,3 <sub>a</sub>	3,6 <sub>ab</sub>	2,6 <sub>b</sub>	6,4 <sup>***</sup> <sub>(T)</sub> *** <sub>(kasvup.)</sub>	
T5	2,4 <sub>a</sub>	1,1 <sub>a</sub>	2,0 <sub>a</sub>	1,5 <sub>a</sub>	0,8 <sub>a</sub>	1,5 <sup>ns</sup> <sub>(kasvup.)</sub>	
T7	10,4 <sub>a</sub>	5,9 <sub>a</sub>	3,1 <sub>ab</sub>	2,5 <sub>ab</sub>	0,7 <sub>b</sub>	3,6 <sup>**</sup> <sub>(kasvup.)</sub>	
Tilavuus, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>							
T1	73,6	52,3	27,0	14,6	9,9	31,9 <sup>a</sup>	
T2	43,2	38,3	21,7	13,1	8,4	25,7 <sup>b</sup>	
T3	21,9	22,0	20,2	7,3	6,0	16,8 <sup>c</sup>	
T4	17,0	17,9	10,7	7,3	4,1	11,3 <sup>d</sup>	
Keskiarvo	36,9 <sub>a</sub>	31,0 <sub>a</sub>	19,9 <sub>ab</sub>	10,6 <sub>ab</sub>	7,1 <sub>b</sub>	21,2 <sup>***</sup> <sub>(T)</sub> *** <sub>(kasvup.)</sub>	
T5	7,5 <sub>a</sub>	3,2 <sub>a</sub>	5,4 <sub>a</sub>	4,4 <sub>a</sub>	2,3 <sub>a</sub>	4,4 <sup>ns</sup>	
T7	33,9 <sub>a</sub>	18,2 <sub>a</sub>	9,3 <sub>ab</sub>	7,4 <sub>ab</sub>	2,1 <sub>b</sub>	11,1 <sup>**</sup>	

Sekä pohjapinta-alalla että tilavuudella mitaten kontortamännyn kasvu eri istutustiheydellä erosi selvästi: mitä suurempi viljelytiheys, sitä enemmän puuta (taulukko 4). Kasvupaikkojen välillä erot eivät olleet yhtä selvät, mikä johtuu erilaisista elossaoloprosenteista (taulukko 3). Kasvupaikan suhteen männyn tilavuusarvot olivat samansuuntaiset kuin istutetulla kontortamännyllä, mutta kylvetyn kontortamännyn tilavuus oli kasvupaikasta riippumaton ainakin tässä kehitysvaiheessa. Vaikka

kontortamännyn elävyys olikin huomattavasti heikompi lehtomaisella ja tuoreella kankaalla, tilavuus näillä kasvupaikoilla oli puolitoista, jopa kolminkertainen verrattuna kuivahkoon ja kuivaan kankaaseen.

Sekä istutettu että kylvetty kontortamännikkö kasvaa 50 vuodessa hieman alle 3 metriä korkeammaksi kuin mänty (taulukko 5). Tulos on laskettu Elfvingin ja Norgrenin (1993a) pituusboniteettimallilla. Kontortamännyn valtapituus 50 vuoden iällä tulee olemaan lehtomaisella kankaalla keskimäärin 24 metriä, tuoreella kankaalla 22 metriä, kuivahkolla kankaalla 21 metriä ja kuivalla kankaalla 18 metriä.

Taulukko 5. Pituusboniteetti-indeksi  $H_{50}$  (Elfving ja Norgren 1993a) eri kasvupaikatyypeillä 2000 taimen viljelytiheyteen istutetulla (T3) ja kylvetyllä (T5) kontortamännillä sekä männillä (T7).

	Lmk	Tuore	Kuivahko	Kuiva	Suo	Keskiarvo
T3	24,0	21,7	20,8	17,9	16,4	20,4
T5	24,2	19,4	19,3	19,6	16,8	19,6
T7	21,6	19,0	17,3	16,4	14,2	17,1

## 4 Johtopäätökset

Tutkimuksen aineisto kattoi koko boreaalisen metsäkasvillisuuvyöhykkeen Suomessa. Kasvupaikat kattoivat suurimman osan männyn kasvupaikoista kivennäismailla, pituusboniteetilla  $H_{100}$  mitattuna luokat 18–30, kun taimikoiden pituuboniteetti määriteltiin nuorten männiköiden valtapituuden kasvuun perustuvalla mallilla (Varmola 1993), joten kivennäismailla tuloksia voidaan pitää luotettavina ja kattavina. Sen sijaan suopohjilla aineisto oli vajavainen ja viidestä suokokeesta kaksi piti hylätä viljelyn epäonnistuttua lähes täysin.

Sekä kontortamännyn että männyn elävyysprosenttiin saattoivat vaikuttaa enimmäkseen kolmena keväänä viljelyn jälkeen tehdyt täydennysistutukset. Kuolleisuus jatkui tämänkin jälkeen, kuuden vuoden kulluttua viljelystä tehdyn inventoinnin (Rikala 1989) ja tämän tutkimuksen pohjana olevien mittausten välillä. Kun täydennysistutusten on todettu olevan hyvin epävarma tapa parantaa taimikon kasvatuskelpoisuutta ja kun täydennystaimien kuolleisuus on yleensä hyvin korkea, toimenpiteellä tuskin on ollut sanottavaa vaikutusta elävyysprosenttiin.

Monissa pohjoismaisissa tutkimuksissa, joiden aineisto on kerätty pohjoisilta alueilta, kontortamännyn elävyyden on todettu olevan parempi kuin männyn. Sen sijaan Norgren (1995) havaitsi perustuen laajaan, koko Ruotsia käsittävään aineistoon sekä järjestetyistä kokeista että käytännön viljelyistä, että kontortamännyn elävyys laski ajan mit-

taan nopeammin kuin männyn. Tällä oli kuitenkin vain vähäinen merkitys kokonaistuotokseen. Tämän tutkimuksen tulokset olivat yhteensopivia Norgrenin tulosten kanssa. Vyöhykkeiden välillä oli vain vähäisiä eroja, mutta parhaiten kontorta kasvoi Pohjanmaan vyöhykkeellä.

Kontortamännyn kylvö osoittautui hyväksi menetelmäksi etenkin kuivahkoilla mutta myös kuivilla kankailla. On ilmeistä, että kontortamännnyllä tapahtui jälki-itämistä (Koch 1996) jopa siten, että kylvöruuduilla elävien taimituppaiden määrä lisääntyi kuuden vuoden ja 13–14 vuoden välillä kylvöstä. Ruotsissa Hagner (1984) raportoi kylvötaimien elävyyden olleen 10 prosenttiyksikköä paremman kuin istutustaimien. Norjassa Soolbraa ja Andersen (1997) totesivat männyn kylvöllä saatavan paremman elävyyden kuin kontortamännyn kylvöllä. Sekä Martinsson (1985) että Norgren (1995) esittivät, että kylvötaimien juuristo muodostuu tasapainoisemmaksi kuin istutustaimien ja sen vuoksi kylvö onnistuu yleensä istutusta paremmin. Pohjois-Amerikassa kylvöä suositellaan vain rajoitetusti sille parhaiten sopiville kasvupaikoille, koska kylvötaimien elävyys yleensä jää huomattavasti alemmaksi kuin istutustaimien (Koch 1996).

Tämän tutkimuksen aineistossa elävyysprosentti oli sitä suurempi, mitä harvempi istutustiheys oli. Valtapituuskehityksessä ei ollut selviä eroja istutustiheyden suhteen. Sekä Xie ym (1995) Kanadassa että Elfving (1996) Ruotsissa havaitsivat, että valtapituus oli sitä suurempi mitä korkeampi oli kasvatustiheys. Johnstone ja Pollack (1990) havaitsivat, että 20 vuoden jälkeen kasvatustiheysvaihtoehtojen välillä olevat erot alkoivat tasaantua. On siten liian aikaista antaa ehdottomia suosituksia kontortamännyn kasvatustiheyksistä. Hieman mäntyä suurempi kuolleisuus kuitenkin viittaa siihen suuntaan, että kontortamännyn viljelytiheyden tulisi olla mäntyä suuremman. Kasvatustiheys-suositukseen liittyvät myös puuaineen laatuksymykset, joita tässä tutkimuksessa ei käsitelty.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että Suomessa kontortamänty soveltuu viljeltäväksi samoilla kasvupaikoilla kuin kotimainenkin mänty. Kontortamäntyä ei kannata viljellä soilla eikä myöskään kovin rehevillä mailla. Kontortamäntyä voidaan viljellä kaikkialla Suomessa Lappia myöten. Kontortamännyn viljelytiheyden tulee olla mäntyä suurempi. Kylvö on hyvä vaihtoehto kuivilla ja kuivahkoilla kankailla. Kontortamännyn kasvu ylittää kotimaisen männyn keskimäärin yhdellä kasvupaikkatyypillä.

Vuonna 1999 Suomessa käyttöön otettu metsien sertifiointi (FFCS) asettaa rajoituksia ulkomaisten puulajien käytölle metsänviljelymateriaalina. Kriteeri 22: ”Metsänviljelyssä käytetään, erikoistapauksia lukuun ottamatta, kotimaisia puulajeja sekä alueelle sopivaa alkuperää olevia siemeniä ja taimia, joista tulee olla alkuperätiedot”, estää kontortamännyn laajamittaisen viljelyn tulevaisuudessa. Monissa muissa Eu-

roopan maissa ulkomaisia puulajeja kuitenkin käytetään laajamittaisesti sertifioiduissa metsissä, esimerkiksi sitkankuusta (*Picea sitchensis* (Bong.) & Carr.) Englannissa, douglaskuusta (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) Saksassa jne. Kontortamäntyä voitaisiin siten samoilla kriteereillä pitää Suomessakin varteenotettavana vaihtoehtona kotimaiselle männylle.

## Kirjallisuus

- Elfving, B. 1996. Förbands- och gallringsförsök med contorta. Mätdata från 1992–1995. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapporter 110. 8 s. + 4 liitettä.
- & Norgren, O. 1993a. Contortatallens produktion – Data från 1990–91 års inventering. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 71. 32 s. + 5 liitettä.
- & Norgren, O. 1993b. Volume yield superiority of lodgepole pine compared to Scots pine in Sweden. Proceedings of "Pinus contorta – from untamed forest to domesticated crop". Meeting of IUFRO WP 2.02.06 and Frans Kempe symposium, Umeå, August 24–28, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Genetics and Plant Physiology, Report 11: 69–80.
- Ericsson, T. 1993. Provenance qualities of the *Pinus contorta* breeding base in Sweden. Report SkogForsk 4. 33 s.
- Hagner, M. 1984. Överlevnad och tillväxt under nio år hos konsådd tall (*Pinus sylvestris* och *Pinus contorta*). Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 82(5): 5–19.
- Johnstone, W.D. 1982. Juvenile spacing of 25-yr-old lodgepole pine in western Alberta. Information Report, Northern Forest Research Centre, Canada NOR-X-244. 19 s.
- & Pollack, J.C. 1990. The influence of espacement on the growth and development of a lodgepole pine plantation. Canadian Journal of Forest Research 20(10): 1631–1639.
- Koch, P. 1996. Lodgepole pine in North America. Forests Products Society, Madison, Wisconsin. 1096 s.
- Martinsson, O. 1985. Markberedningens inflytande på överlevnad, tillväxt och rot/skott-relation i förnygringar av tall, gran och contorta. Summary: The influence of site preparation on survival, growth and root/shoot ratio in young stands of Scots pine, Norway spruce and lodgepole pine. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 15. 29 s.
- Norgren, O. 1995. Growth differences between *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Avhandling. 80 s.

- Rikala, R. 1989. Kontortamännyn kasvatuskoe. Perustaminen ja taimien alkukehitys. Abstract: Contorta pine experiment. Establishment and initial growth of seedlings. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 344. 46 s.
- Solbraa, K. & Andersen, R. 1997. Forsøk med såmetoder, såtider, frøkvaliteter og treslag etter markberedning. Experiments with sowing methods, sowing periods, seed qualities, and different conifer species after ground scarification. Norsk Institutt for Skogforskning Rapport fra Skogforsk 2. 31 s.
- Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. Folia Forestalia 813. 43 s.
- , Salminen, H., Rikala, R. & Kerkelä, M. 2000. Survival and early development of lodgepole pine. Scandinavian Journal of Forest Research 15: 410–423.
- Xie, C.Y., Johnstone, W. D. & Ying, C. C. 1995. Spacing and provenance effects on the performance of shore pine (*Pinus contorta* var. *contorta*): 20-year test results. Canadian Journal of Forest Research 25(4): 567–576.
- Yang, R. C. 1991. Early stand development of lodgepole pine spaced at age 7 in west-central Alberta. Information Report Northwest Region, Forestry Canada NOR-X-322. 12 s.

# Metsien laskeumakuormitus ja sen vaikutukset

## Esimerkkinä metsäekosysteemien intensiivisen seurannan havaintometsikkö Kivalossa

*Antti-Jussi Lindroos, John Derome, Kirsti Derome ja Hannu Raitio*

### I Johdanto

Intensiivinen ja jatkuva metsäekosysteemien seuranta aloitettiin yhteis-eurooppalaisena ohjelmana vuonna 1995. Myös Suomi osallistuu ohjelmaan, joka perustettiin selvittämään ilman epäpuhtauksien ja muiden stressitekijöiden vaikutusta metsiin. Tietoa metsien kunnon ja eri stressitekijöiden välisistä vuorosuhteista hyödynnetään laajamittaisessa kartoitustyypisessä metsien kunnon inventoinnissa, johon kuuluu mm. puiden harsuuntumiskartoitus koko Euroopan alueella. Seurantaohjelman taustalla ovat YK:n Euroopan talouskomissio ja Euroopan unioni, ja EU:n jäsenmaat ovat velvoitettuja seurantaan lainsäädännön kautta. Suomessa metsäekosysteemien intensiivisestä seurannasta vastaa Metsäntutkimuslaitos. Seurantaohjelman rakenteen ja taustan on kuvannut tarkemmin Raitio (2001).

Metsäekosysteemien intensiivisen seurannan havaintometsikköjä on eri puolilla Eurooppaa yli 800 ja EU:n jäsenvaltiossa noin 500. Seurannan eräänä keskeisenä tavoitteena on selvittää metsiin sadannan ja kuivalaskeuman muodossa kohdistuva ilman epäpuhtauksien kuormitus ja sen vaikutukset metsäekosysteemin toimintaan ja prosesseihin. Painopiste on ollut happamoittavien yhdisteiden, kuten rikki- ja typpiyhdisteiden laskeumassa ja niiden vaikutuksessa maaperän happamoitumiseen ja edelleen sitä kautta metsien terveydentilaan. Typpilaskeumalla voi toisaalta olla myös lannoittava ja rehevöittävä vaikutus. Tässä ar-

tikkelissa esitellään intensiivisen seurannan havaintoalojen tutkimusaktiiviteetit ja paneudutaan tarkemmin laskeumatutkimuksiin ja laskeumakuormituksen vaikutukseen maaperän happamoitumiseen. Esimerkki-kohteena on Kivalon tutkimusalueen intensiivisen seurannan männikkö, joka oli Rovaniemellä pidettyjen tutkimuspäivien retkeilykohde. Lisäksi käsitellään metsien terveydentilatutkimuksen tulevaisuuden näkymiä.

## 2 Intensiivisen seurannan tutkimusaktiiviteetit Kivalossa

Kivalon tutkimusalueella on kolme metsäekosysteemien intensiivisen seurannan havaintometsikköä, kaksi kuusikkoa ja yksi männikkö. Kaikkiaan Suomessa on ohjelmaan kuuluvia havaintoaloja 31, joista 16 on erityisen intensiivisen tutkimustoiminnan kohteita. Tässä artikkelissa kuvataan seuranta- ja tuloksia Kivalon männikköalalta, joka Kivalon kohteista toisen kuusikon ohella kuuluu erityisen intensiivisen tutkimuksen aloihin. Koko Suomen havaintoalaverkoston, näytteenottojärjestelyn ja tutkimusaktiiviteetit seurantatiheyksineen on kuvannut tarkemmin Raitio ym. (2002).

Intensiivinen seurantaohjelma kattaa Kivalon männikkössä puiden latvuskunnon ja kasvun arvioinnin. Myös neulasten ja maaperän kemiallinen koostumus ja pintakasvillisuuden lajikoostumus määritetään. Lisäksi tutkitaan kariesatoa ja sen mukana kulkeutuvia ravinteita. Alalla tehdään myös fenologisia arviointeja. Kohteella on metsämeteorologinen mittausasema, joka mittaa lukuisia meteorologisia tunnuksia (ilman lämpötila, suhteellinen ilmankosteus, maan lämpötila, sademäärä, tuulen nopeus ja suunta, fotosynteesistä aktiivinen säteily, auringonsäteily, routa) jatkuvatoimisesti.

Metsään ja metsämaahan kohdistuvaa sadantaa ja laskeumakuormitusta seurataan niin ikään jatkuvatoimisesti. Laskeumakeräimiä on sijoitettu havaintoalan läheiselle avoimelle alalle, jotta saadaan määritettyä metsikköön latvuserroksen yläpuolelle kohdistuva laskeuma. Laskeumakuormitus metsikön sisällä metsämaahan on kuitenkin erilainen puuston latvuserroksen vaikutuksen takia, minkä vuoksi laskeumänäytteitä kerätään myös metsikön sisältä. Näytteitä kerätään ympäri vuoden 2–4 viikon välein, ja näytteistä määritetään lukuisia kemiallisia tunnuksia (Lindroos ym. 2002). Laskeumatutkimuksissa on toistaiseksi keskitytty erityisesti happamoittavaan laskeumaan eli rikki- ja typpiyhdisteiden laskeumaan.

Metsämaasta kerätään maavettä eri syvyyksiltä kemiallisia analyysejä varten. Maannosvyöhykkeen läpi valuvaa vettä ja sen mukana huuhtoutuvia ainemääriä tutkitaan vajovesilysimetriä avulla. Näitä keräys-



laitteita on sijoitettu humuskerroksen alle sekä 20 ja 40 cm:n syvyyksille maaperään. Maaperään tiukemmin sitoutunutta vettä kerätään alipaineen avulla ns. imulysimetreillä. Alipainelysimetrejä on syvyyksillä 20 ja 40 cm maanpinnasta. Maavesinäytteiden keruu aloitetaan heti lumen sulamisen jälkeen ja sitä jatketaan talven tuloon saakka 2–4 viikon välein. Myös maavesinäytteistä määritetään lukuisia kemiallisia tunnuksia (Derome ym. 2002). Maavesiseurannan avulla voidaan arvioida mm. maaperän happamoitumiskehitystä ja happamoitumisen vaikutusta tutkimusalan puustoon. Laskeuma- ja maavesinäytteiden analyysiohjelma kattaa myös varsin vaativia alkuaineiden fraktiointitutkimuksia, joissa tietyn aineen pitoisuutta ei käsitellä ainoastaan kokonaispitoisuutena vaan se pilkotaan aineen eri esiintymismuotojen pitoisuuksiin. Esimerkkinä on alumiinipitoisuuden jakaminen myrkyllisiin epäorgaanisiin ja myrkyttömiin orgaanisiin muotoihin.

Kivalon mäntykohteen puuston pohjapinta-ala (PPA) on 21,3 m<sup>2</sup>/ha, runkoluku 1748 kpl/ha, PPA:lla painotettu keskiläpimitta 13,3 cm, keskipituus 11,1 m, runkotilavuus (kuorellinen) 126,9 m<sup>3</sup>/ha ja metsikön ikä 55 vuotta. Metsätyyppi on *Empetrum-Myrtillus* -tyyppi. Maaperä koostuu lajittuneesta hiekasta, ja maannostyyppi on podsoli (FAO: Carbic podzol) (Raitio ym. 2002). Lindgrenin (2002) mukaan mäntyjen keskimääräinen harsuuntumisaste oli vuonna 2000 alalla noin 8 %.

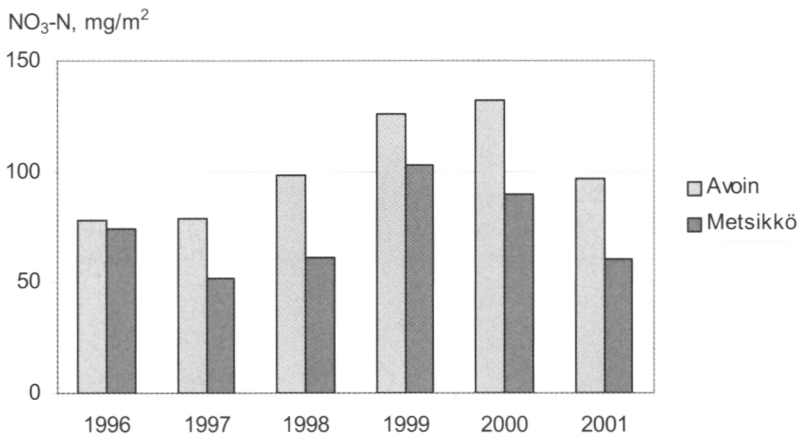
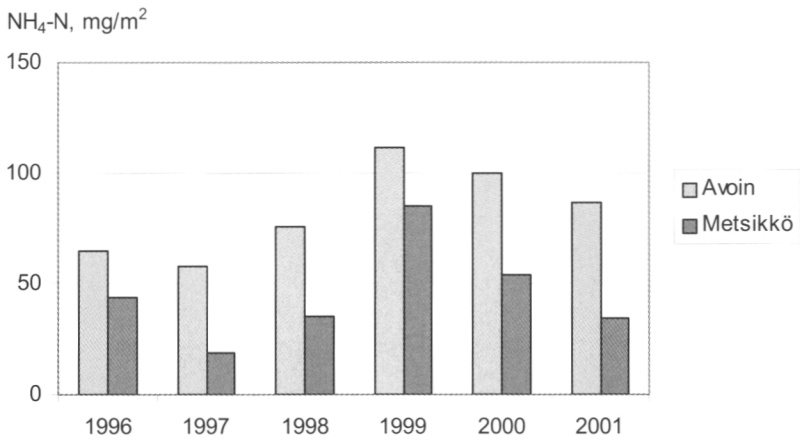
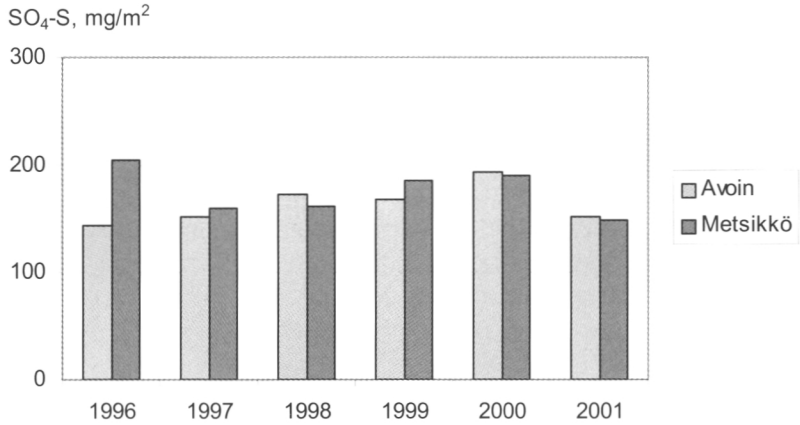
### 3 Laskeumakuormitus ja sen vaikutukset Kivalon havaintoalalla

Sulfaattirikin laskeumataso on pysynyt varsin vakaana seurantajakson 1996–2001 ajan Kivalon havaintomännikössä (kuva 1). Sekä avoimen paikan että metsikön sisältä määritetty vuotuinen rikkilaskeuma vaihteli 150–200 mg/m<sup>2</sup> eli 1,5–2,0 kg/ha. Merkittävä osa rikkilaskeumasta on liuenneena sadeveteen eli märkälasseumana. Rikkilaskeuman käyttäytymiselle puuston latvuserroksessa on yleensä tyypillistä, että latvuserrokseseen pidättyy ilmasta rikin kuivalasseumaa (esim. SO<sub>2</sub>), joka sadveden huuhtoessa latvustoa siirtyy sadantaan ja kohdistuu metsämaahan. Näin ollen metsämaahan kohdistuvasta rikin kokonaislaskeumasta saadaan melko hyvä arvio metsikkösadannan rikkilaskeumasta. Rikin kuivalasseuman huuhtoutumisesta johtuen metsikkösadannan rikkilaskeuma on yleensä avoimen paikan laskeumaa suurempi, paitsi alhaisen laskeuman alueilla. Kivalon männikköön ja sen metsämaahan kohdistuvaa rikkilaskeumaa voidaan pitää hyvin alhaisena laskeuma-arvojen perusteella ja sen vuoksi, ettei kuivalasseuman huuhtoutumista juurikaan tapahdu latvuserroksesta. Kivalon rikkilaskeumataso on hieman korkeampi kuin Lapin pohjoisosissa, mutta se on alempi kuin Keski- ja Etelä-Suomessa. Esimerkiksi vuonna 2000 suurin rikkilaskeuma mitat-

tiin intensiivisen seurannan männiköiden metsikkösadannassa Miehikkälässä Kaakkois-Suomessa, 460 mg/m<sup>2</sup>. Suurin kuusikoiden vastaava arvo oli Tammelassa, 477 mg/m<sup>2</sup> (Lindroos ym. 2002). Kivalon männikköala, kuten koko Suomen intensiivisen seurannan verkosto, kuuluu koko Euroopan verkostoa tarkasteltaessa alhaisen laskeuman alueeseen. Korkeimmat sulfaattirikin kokonaislaskeuma-arvot on mitattu Keski-Euroopassa sijaitsevilta intensiivisen seurannan aloilta, yli 1600 mg/m<sup>2</sup> (Forest... 2001).

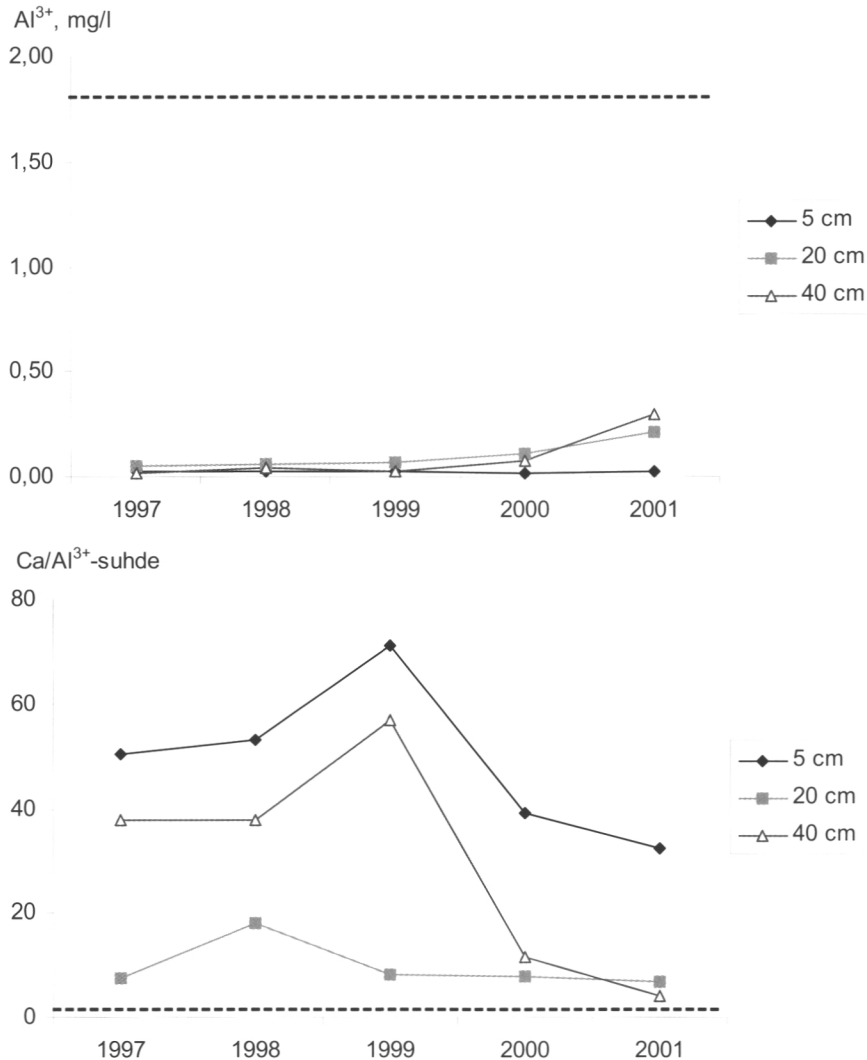
Ammoniumtypen ja nitraattitypen laskeuma avoimella paikalla oli suurempi kuin metsikön sisältä mitattu laskeuma Kivalon mäntyalalla (kuva 1). Puuston latvuserrokseen pidättyy typpilaskeumaa, mikä on tyyppinen ilmiö suomalaisissa metsiköissä, joissa typpilaskeuma on suhteellisen alhainen. Kivalon männikkö ja Suomen kaikki muutkin intensiivisen seurannan alat kuuluvat ammonium- ja nitraattitypen osalta alhaisen laskeuman alueeseen Euroopan mittakaavassa. Korkeimmat typen kokonaislaskeumat (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N) mitataan Keski-Euroopan kuormitetuilla alueilla, missä intensiivisen seurannan verkostossa typen kokonaislaskeuma voi olla yli 1400 mg/m<sup>2</sup> (Forest... 2001). Suuren typpilaskeuman alueella metsikkösadannan typpilaskeuma kohoaa avoimen paikan laskeumaa suuremmaksi. Suomessa tällaisia alueita esiintyy vain paikallisesti päästölähteiden läheisyydessä. Turkistarhojen läheiset metsiköt voivat olla esimerkiksi tällaisia alueita (esim. Lindroos ym. 2002). Kivalon männikön avoimen paikan ja metsikön sisäisen laskeuman arvot kohosivat hieman vuosina 1999–2001 verrattuna jaksoon 1996–1998 (kuva 1). Laskeumataso säilyi kuitenkin jälkimmäiselläkin seurantajaksolla niin alhaisena, ettei merkittäviä muutoksia typen kierrossa metsäekosysteemissä tapahtunut. Pohjois-Suomen laskeumataso on niin ikään alempi kuin Etelä-Suomessa (Lindroos ym. 2002).

Happamoittavan rikki- ja typpilaskeuman vaikutusta Kivalon havaintomännikön maaperän happamoitumiseen ja happamuuden vaikutuksia puustolle on seurattu maavesitutkimusten avulla. Mikäli maaperän happamuus lisääntyy luontaisten tekijöiden tai laskeuman takia, maaperässä olevien metallien liukoisuus voi kasvaa. Maaperän happamoitumisen indikaattorina käytetään usein maaveden alumiinipitoisuutta, koska maaperän happamuuden kasvu johtaa Al-pitoisuuksien kohoamiseen. Alumiinin on osoitettu olevan korkeina pitoisuuksina haitallinen kasvien juurille, mykorritsoille sekä haittaavan puiden kasvua (esim. Foy 1988). Alumiinin kokonaispitoisuus maavedessä ei kuitenkaan kerro suoraan alumiinipitoisuuksien potentiaalista vaikutusta kasvillisuudelle. Tämä johtuu siitä, että vain tietyt alumiinin esiintymismuodot ovat kasveille myrkyllisiä. Intensiivisen seurannan eräänä tavoitteena on ollut toksisten alumiinipitoisuuksien määrittäminen havaintoalojen maavedestä, jolloin näiden pitoisuuksien perusteella voidaan suoraan arvioida happamoitumisen ja alumiinipitoisuuksien vaikutuksia.



Kuva 1. Sulfaattiriikki-, ammoniumtyppi- ja nitraattityppilaskeuma Kivalon mäntyalalla vuosina 1996–2001. Avoin = avoimelta paikalta kerätty laskeuma, joka kuvaa kuormitusta latvuskerroksen yläpuolella. Metsikkö = metsikön sisältä kerätty laskeuma, kuormitus metsämaahan.

Intensiivisessä seurannassa Al-pitoisuudet fraktioidaan siten, että saadaan erotettua maavedestä epäorgaaninen  $\text{Al}^{3+}$  -ioni, jota pidetään haitallisena. Toksisuuden raja-arvona pidetään pitoisuutta n. 1,8 mg/l (De Vries 1993). Kivalon havaintomänniköstä mitatut  $\text{Al}^{3+}$ -pitoisuudet ovat olleet varsin matalia, eivätkä näin matalat pitoisuudet todennäköisesti aiheuta haittaa kasvillisuudelle (kuva 2). Tämä kuvastaa myös sitä, ettei havaintoalan maaperä ole happamoitunut poikkeuksellisen voimakkaasti (ks. myös Derome ym. 2002). Samanlainen tilanne on havait-



Kuva 2. Maaveden keskimääräinen  $\text{Al}^{3+}$ -pitoisuus ja  $\text{Ca}/\text{Al}^{3+}$ -moolisuhde Kivalon mäntyalalla vuosina 1997–2001. Maavesi on kerätty vajovesiylsimetreillä 5, 20 ja 40 cm:n syvyyksiltä metsämaasta. Kuviin on merkitty kriittisinä pidetyt arvot (De Vries 1993).

tu myös muilla intensiivisen seurannan aloilla Suomessa lukuun ottamatta kahta havaintokuusikkoa, joilla luontaisten tekijöiden ja maan käsittelyn vuoksi on havaittu maaperän happamuustason kohoamista (Derome ym. 2001, Derome ym. 2002). Näilläkin aloilla suoraa yhteyttä laskeumaan ei ole pystytty osoittamaan.

Toinen happamoitumista osoittava, laajasti käytetty tunnus on maaveden  $\text{Ca}/\text{Al}^{3+}$  -moolisuhde. Kriittisenä arvona pidetään suhdetta 1,0 (De Vries 1993). Mikäli  $\text{Al}^{3+}$  -ionien pitoisuus kasvaa  $\text{Ca}$ -pitoisuutta suuremmaksi maavedessä (suhde  $<1,0$ ),  $\text{Al}$ -pitoisuus voi teoreettisesti haitata kasvillisuutta. Tästä ei kuitenkaan ole ollut merkkejä Kivalon havaintomännikön maavedessä, sillä  $\text{Ca}/\text{Al}^{3+}$ -suhde on pysynyt selvästi raja-arvon yläpuolella (kuva 2). Myöskään tämän perustella maaperä ei ole happamoitunut voimakkaasti. Happamoittavan laskeuman yhteyttä maaveden  $\text{Ca}/\text{Al}^{3+}$ -suhteeseen ei ole havaittu Suomen koalaverkoston muillakaan havaintoaloilla (Derome ym. 2002).

Happamoittavien rikki- ja typpiyhdisteiden laskeumatasoa voidaan pitää Kivalon havaintomännikössä suhteellisen alhaisena, eikä merkkejä maaperän voimakkaasta happamoitumisesta ole saatu maavesitunnusten kautta. Maaveden alumiinipitoisuus ei myöskään näyttäisi aiheuttavan haittaa havaintoalan puustolle. Myös muille intensiivisen seurannan kohteille on voitu tehdä tällä hetkellä vallitsevan happamoitumistilanteen arviointi. Vaikka tämänhetkisestä tilanteesta onkin jo varsin hyvä kuva seurantaohjelmassa, happamoitumiskehityksen pitkänajan arviointi tulevaisuuteen ei nykytiedolla ole vielä mahdollista. Maaperän happamoituminen on hyvin monimutkainen ja pitkäaikainen prosessi, johon sekä luontaiset tekijät että laskeuma saattavat vaikuttaa.

## 4 Metsäekosysteemien intensiivisen seurannan tulevaisuuden haasteet

Päästövähennysten seurauksena happamoittavan laskeuman komponenttien ja kaasumaisten ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ilmassa ovat viimeisten parin vuosikymmenen aikana laskeneet. Happamoituminen ei ole enää yhtä vakava ongelma kuin menneinä vuosina, vaikkakin rikkilaskeuman kriittinen kuormitus ylittyy vielä monin paikoin Euroopassa. Lisäksi vuosien myötä maahan varastoitunut rikkikuorma voi ajan myötä vielä aiheuttaa ongelmia. Sen sijaan typpikuormitus, ilman otsonipitoisuudet ja raskasmetallilaskeumat ovat edelleen monin paikoin Euroopassa varsin vakava ongelma.

Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen, ilmaston muutoksen hallinta ja hiilikysymykset ovat nousseet kymmenen viime vuoden aikana ilman epäpuhtauksien rinnalle tärkeiksi ympäristökysymyksiksi. Aivan viime vuosina on alettu myös keskustella ihmisen terveyden ja ympäris-

tötekijöiden välisestä vuorosuhteesta. Muuttuneen tilanteen vuoksi sekä YK/ECE että Euroopan unioni ovat katsoneet aiheelliseksi arvioida uudelleen yleiseurooppalaisen metsien terveydentilan seurannan tavoitteita ja toteutusta.

Rinnan YK/ECE:n metsäohjelman arviointien ja tavoitteiden uudelleen muotoilun kanssa Euroopan unioni aloitti omien säädöstensä uusimisen jo vuona 2000, koska metsien terveydentilan seuranta koskeva EU:n vanha asetus umpeutui vuonna 2001. Vanhojen seurantojen jatkuvuuden turvaamiseksi ja muuttuneen ympäristötilanteen huomioimiseksi oli tarve saada uusi, ajantasainen asetus. Uuden asetuksen valmisteluvaiheessa aluksi vanhaa asetusta jatkettiin vielä kerran vuodella, vuoden 2002 loppuun. Samanaikaisesti jatkettiin laaja-alaisen Euroopan unionin Forest Focus -ohjelman valmistelua vuosille 2003–2008.

Heinäkuussa 2002 komissio lähetti Euroopan parlamentille ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi metsien ja ympäristövuorovaikutusten seurannasta yhteisön alueella. Ehdotetun toiminnan päätavoitteena on luoda puitteet yhteisön ohjelmalle, jonka avulla pyritään seuraamaan metsien ja ympäristön välisiä vuorovaikutuksia yhteisössä. Tarkoituksena on perustaa laaja-alainen, harmonisoitu ja monipuolinen, pitkän aikavälin metsien tilan seurantajärjestelmä, jonka tavoitteena on

1. jatkaa ja kehittää ilmansaasteiden sekä muiden stressitekijöiden metsiin kohdistuvien vaikutusten sekä metsäpalojen, niiden syiden ja vaikutusten seuranta,
2. arvioida maaperän, hiilen sitomisen, ilmaston muutoksen vaikutusten, monimuotoisuuden sekä metsien suojeluvaikutusten seurantojen vaatimuksia ja kehittää näiden uusien aiheiden seurantajärjestelmiä, sekä
3. arvioida jatkuvatoimisesti metsien tilan seurantajärjestelmien tehokkuutta ja edelleen kehittää seuranta.

Forest Focus -ohjelma pyrkii tuottamaan luotettavaa ja vertailukelpoista tietoa metsiin kohdistuvista haitallisista vaikutuksista yhteisön tasolla. Ohjelma auttaa myös osaltaan niiden toimenpiteiden arvioinnissa, joilla edistetään metsien suojelua ja suojelumetsiä kestävä kehityksen hyödyksi. Ohjelma huomioi tarkoituksenmukaisesti yhteydet olemassa ja suunnitteilla oleviin kansallisiin, eurooppalaisiin ja kansainvälisiin seurantajärjestelmiin ja on yhdenmukainen olennaisten kansainvälisten sopimusten kanssa.

Ohjelman valmisteluvaiheessa päädyttiin kaksivaiheiseen toteutukseen poliittisista syistä koskien etenkin seurannan uusia elementtejä. Ensimmäisen kolmen vuoden (2003–2005) aikana jatketaan vanhoja seurantoja sekä kehitetään uusia seurantaosioita, joiden sisällyttämisestä seurantaohjelmaan päätetään poliittisella tasolla Forest Focus -ohjel-

man väliarvioinnin jälkeen vuonna 2006. Uusien osioiden sisällyttäminen ohjelmaan merkitsee automaattisesti intensiivisen seurannan monipuolistumista ja laajentumista.

Metsäekosysteemien intensiivisen seurannan tuottamia aineistoja on yhä enenevässä määrin hyödynnetty sekä kotimaisessa että kansainvälisessä tutkimustyössä. Jatkossakin Forest Focus -ohjelman tavoitteena on avoin aineistoja koskeva politiikka sekä niiden laaja-alainen hyödyntäminen. Intensiivisen seurannan havaintoalat ovat jo nyt Suomessa kuten monissa muissakin maissa myös muiden seuranta- ja tutkimusverkostojen osana. Suomi on parhaillaan valmistelemaan myös liittymistä laajaan kansainväliseen ekosysteemien tutkimusverkostoon LTER Network (Long Term Ecological Research Network), johon tulee sisällyttämään alustavasti seitsemän kohdealuetta. Osaan näistä alueista sisältyy myös Forest Focus -ohjelman metsäekosysteemien intensiivialoja. Miellenkiintoista on myös todeta, että parhaillaan myös Aasian maat ovat perustamassa omaa intensiivisen seurannan verkostoa (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia EANET) lähinnä happamoitumisen vaikutusten kartoittamiseksi. Tämä verkosto on syntynyt osin ICP -metsäohjelman pohjalta.

Metsäekosysteemien intensiivisestä seurannasta osana erilaisia maailmanlaajuisia verkostoja on muodostumassa vähitellen erittäin merkittävä ja monipuolinen toiminto, joka edistää sekä metsäekologista ja -fysiologista tutkimusta että ympäristöpoliittista päätöksen tekoa.

## Kirjallisuus

- De Vries, W. 1993. Average critical loads for nitrogen and sulphur and its use in acidification abatement policy in the Netherlands. *Water, Air, and Soil Pollution* 68: 399–434.
- Derome, J., Lindroos, A.-J. & Lindgren, M. 2001. Soil acidity parameters and defoliation degree in six Norway spruce stands in Finland. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 1: 169–186.
- , Lindroos, A.-J., Derome, K. & Niska, K. 2002. Soil solution quality during 1998–2000 on 13 of the Level II plots. (Maaveden laatu vuosina 1998–2000 intensiivisen seurannan havaintoaloilla). Julkaisussa: Rautjärvi, H., Ukonmaanaho, L. & Raitio, H. (toim.). *Forest Condition Monitoring in Finland. National Report 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 879: 70–88.
- Forest Condition in Europe. Executive Report. 2001. United Nations Economic Commission for Europe, European Commission. 29 s.
- Foy, C. D. 1988. Plant adaptation to acid, aluminium-toxic soils. *Communications in Soil Science and Plant Analyses* 19: 959–987.
- Lindgren, M. 2002. Crown condition on the intensive monitoring plots in 2000. (Latvuskunto intensiivisen seurannan havaintoaloilla vuonna 2000). Julkaisussa: Rautjärvi, H., Ukonmaanaho, L. & Raitio, H. (toim.). *Forest Condi-*

- tion Monitoring in Finland. National Report 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 879: 51–57.
- Lindroos, A.-J., Derome, J., Derome, K. & Niska, K. 2002. Deposition on the forests and forest floor in 2000. (Metsiin ja metsämaahan kohdistuva laskeuma vuonna 2000). Julkaisussa: Rautjärvi, H., Ukonmaanaho, L. & Raitio, H. (toim.). Forest Condition Monitoring in Finland. National Report 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 879: 63–69.
- Raitio, H. 2001. Suomi mukana Euroopan metsien terveydentilan seurantaohjelmassa. Julkaisussa: Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). Onko Lapin metsissä kaikki kunnossa? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 820: 9–19.
- , Hamari, A., Merilä, P. & Mäkinen, J. 2002. Forest condition monitoring under the UN/ECE and EC programmes in Finland. (Yleiseurooppalainen metsien terveydentilan seuranta (YK-ECE/EK) Suomessa). Julkaisussa: Rautjärvi, H., Ukonmaanaho, L. & Raitio, H. (toim.). Forest Condition Monitoring in Finland. National Report 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 879: 10–22.



# Metsänhoidon tutkimus ja tutkimustarpeet Pohjois-Suomessa

*Mikko Hyppönen*

Suomalaiset metsäalan tutkimukset 1900-luvun alussa käsitelivät enimmäkseen pohjoisia metsiä ja niiden uudistamisen ja käsittelyn ongelmia. Tutkimusten perusteella selvisi, että männyn luontaisen uudistamisen edellytykset Pohjois-Suomessa ovat hyvät, vaikka määrältään ja laadultaan hyvät siemensadot toistuvat harvoin. Metsien luontaiseen uudistamiseen ja uudistamiseen liittyvät kysymykset pysyivät tutkimuksen kohteena koko sotia edeltävän ajan. Sotien jälkeen puiden siementuotantoon ja metsien luontaiseen uudistamiseen liittyviä kysymyksiä selvitettiin edelleen. Metsänviljelyn tutkiminen tuli ajankohtaiseksi 1950-luvulla, jolloin Pohjois-Suomessa tehtiin laajoja avohakkuita, ja kuusimetsien luontaisessa uudistamisessa esiintyi ongelmia. Metsänhoidon tutkimus keskittyi metsänviljelyyn liittyvien kysymysten selvittämiseen 1900-luvun lopulla. Maanmuokkauksen ja maaperän ominaisuuksien merkitys onnistuneelle metsänviljelylle selvisi. Viljelytutkimuksen ohella tutkittiin taimikonharvennuksen ja -perkauksen ongelmia. 1900-luvun lopussa männyn luontaisen uudistamisen tutkimus tuli uudelleen ajankohtaiseksi, koska metsien luontainen uudistaminen yleisty.

Metsänuudistaminen on myös nykyään tärkeä tutkimusaihe. Männyn luontaisessa uudistamisessa tietoa tarvitaan lisää erityisesti uudistamistulokseen vaikuttavista tekijöistä, taimettumisdynamiikasta ja väljennyshakkuun tai kaksivaiheisen siemenpuuhakkuun käyttömahdollisuuksista. Kuusen luontaista uudistamista ei ole tutkittu pohjoisen olosuhteissa juuri lainkaan. Erityisen kiinnostava kysymys on muokkauksen käyttö kuusen suojuspuuhakkuun yhteydessä. Myös kuusen (ja männyn) luontaista uudistamista, jossa käytetään pienialaista avohakkuuta ja reunametsän siemennystä, pitäisi tutkia.

Metsänviljelyssä on lukuisia kysymyksiä, joihin tarvitaan vastauksia. Tällaisia ovat mm. täydennysviljelyyn, puulajin valintaan, kuusen viljelyyn yleensäkin, viljelytulokseen vaikuttaviin tekijöihin, maanmuokkausmenetelmien soveltuvuuteen eri kasvupaikoille, muokkauksen ympäristövaikutuksiin sekä kuusen ja koivun merkitykseen viljely (ja myös luontaisesti uudistetun) taimikon täydentäjinä liittyvät ongelmat. Sekä luon-

taiseen että keinolliseen metsänuudistamiseen liittyy oleellisena osana uudistamistuloksen ja metsikön alkukehityksen mallittaminen.

Metsänuudistamiseen liittyvä oma aihepiirinsä on metsänraja- ja suojametsäalueen metsien uudistamisen onnistuminen sekä menetelmän kehittäminen uudistumisen seurantaan. Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen kuuluu nykyisin arkimetsänhoitoon. Siksi on tärkeä tietää, miten luonnon monimuotoisuus voidaan parhaiten säilyttää metsänuudistamisessa. Yhtä tärkeää on selvittää monimuotoisuuden suojelun vaikutus metsän uudistamistulokseen. Suometsien uudistaminen niin luontaisesti kuin viljellen on lähes tutkimaton aihepiiri Pohjois-Suomen olosuhteissa, joten sitä on tulevaisuudessa tutkittava.

Viime vuosikymmeninä perustetut laajat taimikkoalueet edellyttävät jatkuvaa harvennusta ja perkausta. Vaikka 'oikeat' taimikonhoitomenetelmät suunnilleen tiedetään, ongelmia on erityisesti sekapuutaimikoiden kasvatuksessa ja hoidossa, männyn kylvötuppaiden harvennuksen ajankohdassa, kaksijaksoisen metsikön kasvatuksessa ja hirvituhoille alttiiden alueiden taimikoiden hoidossa. Puun laatu ratkaistaan paljolti jo taimikkovaiheessa, joten laatuun liittyvät taimikonhoidon kysymykset ovat erityisen tärkeitä.

Ei riitä, että tiedetään eri metsänhoidon menetelmien biologiset ja tuotosvaikutukset tai vaikutukset puun laatuun ja luonnon monimuotoisuuteen. On tiedettävä myös, kuinka kannattava metsänhoidollinen toimenpide on. Tarvittavia kannattavuus- ja vaihtoehtolaskelmia tarvitaan mm. seuraavista aiheista: maanmuokkaus- ja uudistamismenetelmien keskinäinen edullisuus, luonnontäydennyksen vaikutus viljelyn kannattavuuteen sekä täydennysviljelyn ja taimikonhoidon kannattavuus.

Metsien eri käyttömuotojen yhteensovittaminen Lapissa ja muualla Pohjois-Suomessa on ajankohtainen aihe myös metsänhoidon ja puuntuotannon tutkimukselle. Tutkimuksen avulla tulisi selvittää eri käyttömuotojen mitoittamisesta ja rajoittamisesta aiheutuvat vaikutukset muille käyttömuodoille. Tutkimus edellyttää laajaa yhteistoimintaa sekä Metlan sisällä että muiden tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa.

# Luppo poron ravintona ja lupon kasvupaikkavaatimukset – kirjallisuuskatsaus

*Lotta Jaakkola, Timo Helle ja Jussi Soppela*

## I Johdanto

Lupot ja naavat (heimo *Usneaceae*) ovat yleensä puilla kasvavia pohjoiselle havumetsävyöhykkeelle tyypillisiä epifyyttijäkäläiä, jotka ovat kotelosienten (*Ascomycotina*) ja tiettyjen viherlevien (*Chlorophyta*) tai syanobakteerien muodostamia symbioottisia sekovartisia organismeja (Nash 1996). Heimon kolmesta suvusta (*Alectoria*, *Bryoria* ja *Usnea*) tavataan Fennoskandiassa 26 lajia (Moberg ja Holmåsen 1982), joista 11 esiintyy Pohjois-Suomessa (Ahti 1977). Luppojen merkityksestä pohjoiselle metsäekosysteemille tiedetään suhteellisen vähän. Lupot lisäävät kuitenkin metsikön biodiversiteettiä, rakenteellista monimuotoisuutta ja ekologista aktiivisuutta sitomalla ilmakehän vapaata tyyppiä sekä muita ravinteita ja vapauttamalla ne karikkeena tai sadevesiin liuenneena maahan (Galloway 1992). Lisäksi niillä on merkitystä ravintolähteenä, suojan antajana, pesämateriaalina tai esimerkiksi kätköpaikkoina ravintoa varastoiville linnuille (Esseen ym. 1996). Havumetsäalueella talvehtivat porot ja metsäpeurat käyttävät luppoa keski- ja kevätalvella, kun jäkälän kaivu vaikeutuu tai estyy lumipeitteen kovuuden tai syvyyden vuoksi (Helle 1982). Samoin käyttäytyy pohjois-amerikkalainen metsäkaribu (Banfield 1961); Kanadassa Brittiläisen Kolumbian metsäkaribut elävät lupolla lähes koko talvilaidunkauden (Edwards ym. 1960).

Luppojen ja naavojen väheneminen viimeisten 50 vuoden aikana on yleinen ilmiö sekä Euroopassa että Pohjois-Amerikassa. Pääsiallisia syitä on kaksi. Ensinnäkin lupot ja naavat ovat erityisen herkkiä ilman epäpuhtauksille, erityisesti rikkidioksidille (Hawksworth ja Rose 1970, Showman 1988, Kuusinen ym. 1990), millä on ollut mitä ilmeisimmin vaikutuksensa myös Suomen Lapissa (Helle ym. 1990). Tässä suhteessa käänne parempaan on tapahtunut rikkidioksidipäästöjen alkaessa pie-

netä 1980-luvun lopulla. Toinen syy liittyy puolestaan muuhun maankäyttöön. Osa loppo- ja varsinkin naavalajeista voi menestyä ainoastaan kosteissa ikimetsissä, jotka ovat raivattu aikojen kuluessa viljelysmaiksi tai kuuluvat nykymetsätalouden järjestelyissä puuntuotannollisen yli-ikäisyytensä vuoksi kiireellisimmin uudistettaviin kohteisiin. Suomessa uhanalaistuneita lajeja on yksi (rihmanaava, *Usnea longissima*), Ruotsissa useita (Gärdenfors 2000) ja Keski-Euroopan (Saksa, Itävalta, Sveitsi) vuoristometsissä lähes kaikki lajit ainakin osassa aluetta.

Tutkimuksen mielenkiinto puiden epifyyttijäkäliin on perustunut vanhastaan niiden käyttöön ilman laadun bioindikaattorina. Aivan uutta ei ole myöskään tutkimus, joka käsittelee loppoa porojen, villien peurojen ja pohjoisamerikkalaisten metsäkaribujen talviravintona. Tässä kirjoituksessa tarkastellaan loppojen elinympäristövaatimuksia, lupon merkitystä porojen ja villien peurojen talviravinnossa sekä esitellään kirjallisuustietojen pohjalta keinoja, joilla lupon säilyminen voidaan turvata.

## 2 Lupon esiintymiseen vaikuttavat tekijät

### 2.1 Kasvupaikka

Koska lupon puu- ja varsinkin metsikkökohtaiset biomassamääritykset ovat tavattoman työläitä, tiedot eri lajien biomassoista tai edes keskinäisistä runsaussuhteista eri kasvupaikoilla ovat edelleen niukkoja. Yksityiskohtaisimmin eri loppo- ja naavalajien kasvupaikkavaatimuksia on tutkittu Kuusamossa Oulangan kansallispuistossa (Helle ym. 1989, Soppela 2001). Tarkastelussa mukana olleista kahdeksasta lajista korpiloppo (*Alectoria sarmentosa*), mustaloppo (*Bryoria fuscescens*) ja kanadanloppo (*Alectoria fremontii*) olivat selvästi yleisempiä kuin harmaaloppo (*B. capillaris*), tupsulupot (*Bryoria simplicior* ja *B. furcellata*) ja naavat (*Usnea filipendula* ja *U. subfloridana*). Näiden kolmen lajin osuus loppojen ja naavojen kokonaisbiomassasta oli yli 95 prosenttia. Niiden kasvupaikkavaatimukset poikkesivat selvästi toisistaan.

Mäntyä kasvavilla kuivilla kankailla valtalaji on kanadanloppo. Toista ääripäätä edustaa suurimman runsautensa kuusivaltaisilla soistuneilla kankailla ja kosteissa paksusammalkuusikoissa saavuttava korpiloppo. Mustaloppoa sen sijaan esiintyy lähes kaikenlaisilla kasvualustoilla ja -paikoilla. Parhaiten se viihtyy kuusivaltaisissa metsissä, joissa sen osuus loppojen kokonaisbiomassasta nousee 70–80 prosenttiin. Se on runsaslukuisin laji myös kuivahkoilla kankailla, jos kuusen osuus ylittää 15 prosenttia.

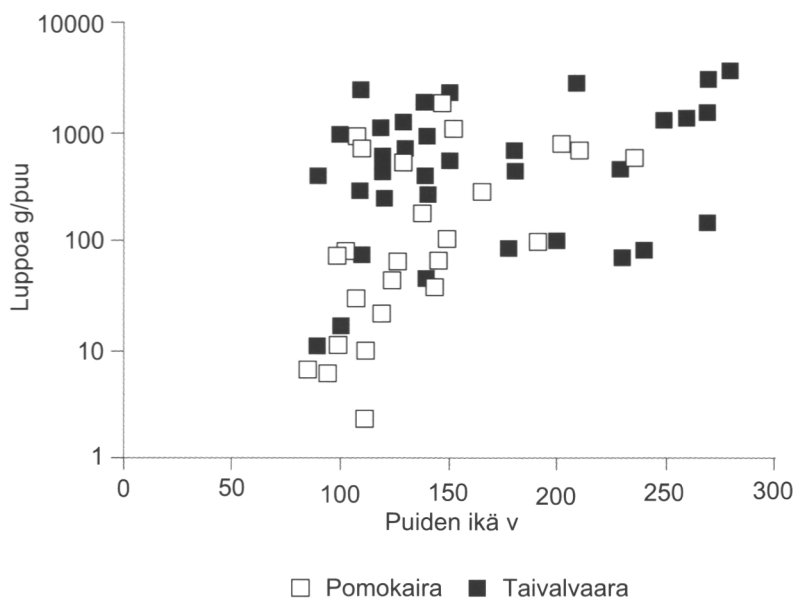
Pohjoista kohti lajisto ja keskinäiset runsaussuhteet muuttuvat. Korpiluppoa ei esiinny kuusirajan yläpuolella ja *B. simpliciorin* biomassa ja suhteellinen osuus ovat suurimmillaan Metsä-Lapissa (Jaakkola ym. 2003).

Oulangan kansallispuistossa korkeimmat luppobiomassat mitattiin soistuvilta kuusivaltaisilta kankailta ja luppoa esiintyi suhteellisen runsaasti myös tuoreiden kankaiden metsätyypeillä (*Ledum-Myrtillus*, *Hylacomium-Myrtillus*, *Geranium-Myrtillus*) biomassojen jäädessä kuitenkin puoleen soistuneiden kankaiden määrästä (Helle ym. 1989, Soppela 2001). Vähiten luppoa oli kuivilla kankailla ja rämeillä. Koko poronhoitoalueen kattavassa tarkastelussa runsasluppoiset metsät ovat yleensä kuusivaltaisia Metsä-Lappia lukuun ottamatta, jossa luppometsien valtapuu on mänty (Mattila 1979). Kuusikoissa on männiköitä korkeampi ilmankosteus, minkä vuoksi ne ovat useille luppo- ja naavalajeille suotuisampia (Renhorn ym. 1997). Suurten biomassojen lisäksi vanhat, kosteat korvet ovat myös lajistollisesti erityisen rikkaita (Esseen ym. 1992). Vanhat korvet kuuluvat ASIO (Aldrig, Sällan, Ibland, Ofta) -mallin (Angelstam ja Rosenberg 1993) mukaisesti ”harvoin palaviin” metsätyyppeihin, joten niiden luppo- ja naavalajisto ei ole sopeutunut kasvuympäristössä tapahtuviin suuriin muutoksiin.

## 2.2 Metsikön ikä

Epifyyttijäkälien esiintymiseen vaikuttavat monet tekijät, jotka vaikuttavat ajallisesti ja paikallisesti toisiinsa. Tällaisia ovat kasvupaikan ohella metsikön rakenne, puulajit, metsien käyttöhistoria sekä pienilmasto (Dettki 2000). Monet näistä ovat riippuvaisia metsikön iästä, joka on yleisesti todettu parhaaksi lupon määrää selittäväksi tekijäksi (Mattila 1979, Esseen 1981, Kuusinen ym. 1990, Dettki ja Esseen 1998, Dettki 2000). Puiden ikääntyminen lisää puun eri korkeusvyöhykkeiden välistä mikroilmaston vaihtelua, kasvualustan pinta-alaa sekä parantaa ravinteiden saantia (Esseen 1981).

Pohjois-Suomessa loppojäkälää esiintyy merkittävästi vasta yli 100- ja yleisimmin 150-vuotiaissa metsissä (Mattila 1979, Soppela 2001, Preuss 2003). Riippuvuus ei ole kuitenkaan suoraviivainen, sillä kaikkein vanhimmissa puustoikäluokissa loppojen määrä alkaa vähetä puuston biomassan pienentyessä (Mattila 1979, Soppela 2001, Jaakkola ym. 2003), minkä lisäksi eri kasvupaikkojen välillä näyttää olevan merkittäviä eroja. Kysymys voi olla myös puukohtaisista ominaisuuksista. Sodankylän Pomokairassa ja Taivalkosken Taivalvaarassa tutkituissa vanhoissa kuusikoissa yksittäisten puiden loppomäärä kasvoi noin 130 vuoden ikään asti, mutta tasoittui sen jälkeen; vanhimmat näytteisiin sisältyvät kuuset olivat hivenen alle 300-vuotiaita (kuva 1). Kysymys on todennäköisesti siitä, että puiden iän ylittäessä noin 130 vuotta kuolleiden



Kuva 1. Luppomäärän riippuvuus puiden (kuusten) iästä Sodankylän Pomokairassa ja Taivalkosken Taivalvaaralla (Preuss 2003).

oksien määrä alkaa kasvaa. Ne tarjoavat lupoilte hyvän kiinnittymis- alustan, mutta toisaalta ne ovat kaikkein herkimpiä katkeamaan ja pu- toamaan tuulten tai etenkin tykyn (puihin kertyvä lumi ja jää) vaikutuk- sesta (Edwards ym. 1960, Esseen 1983, Sparrevik 1984).

### 2.3 Puun kuoren ominaisuudet

Puiden runkojen ja oksien pinnat tarjoavat lähinnä fyysisen kiinnitty- miskohdan niillä kasvaville jäkälille, ravinteensa epifyyttijäkälät saa- vat runkosadantana, kuiva- ja märkälasseumana (Hauck 2000). Kuoren ominaisuuksiin on kiinnitetty huomiota lähinnä silloin, kun epifyyttijä- kälää on käytetty ilman epäpuhtauksien bioindikaattoreina, mutta niil- lä voi olla merkitystä myös muissa tapauksissa. Tärkeimpien epifyytti- jäkälien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat puunkuoren pH ja ra- kenne, mineraalipitoisuus sekä vedenpidätyskyky (Gauslaa ja Holien 1998), joihin puolestaan olennaisesti vaikuttaa puulaji. Osa epifyyttijä- kälästä muokkaa kasvuympäristöään monella tavalla. Jäkälien hyyfit rik- kovat puunkuorta, minkä on arvioitu olevan yksi tärkeimmistä epifyytti- jäkälien kiinnittymiseen ja kasvuun vaikuttavista tekijöistä. Nämä hius- halkeamat vaikuttavat myös kuoren vedenpidätyskykyyn ja siten myös ravinteidensitomiskykyyn (Topham 1977). Epifyyttijäkälän vedenpi- dätyskyky puolestaan on positiivisesti riippuvainen sekovarren koosta (Gauslaa ja Solhaug 1996). Eri jäkälälajien suosimat pH-raja-arvot tun-

netaan hyvin, vaikka pH:n vaikutusten fysiologiset mekanismit ovat vielä tuntemattomia (Hauck 2000). Kuoren ravinnepitoisuuksilla on merkittävä rooli epifyyttijäkälien esiintymisessä (Gauslaa ja Holien 1998, Hauckin 2000), ja ne ovat puolestaan sidoksissa metsikön rakenteeseen, maaperään, sadantaan sekä olemassa olevaan epifyyttilajistoon (Hauck 2000). Epifyyttijäkälät muuttavat myös itse metsikön ravinnekiertoa sitomalla ilmakehän typpeä ja vapauttamalla sen myöhemmin karikesadantana tai runkovaluntana kiertoon (Knops ym. 1991) ja vaikuttavat välillisesti ravinteiden ottoon muuttamalla puun kuoren pH:ta.

## 2.4 Ilman epäpuhtaudet

Useimmat jäkälälajit sekä lupot ja naavat erityisesti ovat herkkiä ilman epäpuhtauksille kuten happamalle laskeumalle ja rikkidioksidille (Hawksworth ja Rose 1970, Showman 1988). Pääsyynä Suomessa maan eteläpuoliskolla todettuun luppojen ja naavojen vähenemiseen tai häviämiseen vuosien 1967 ja 1985 välillä olivat juuri korkeat rikkidioksidipitoisuudet (Kuusinen ym. 1990). Pohjois-Suomessa ilman epäpuhtauksien vaikutuksia on vaikea arvioida, sillä luppotietoja ei ole olemassa 1950- ja 1960-luvulta, ja rikkimittauksia on tehty vasta 1980-luvulta alkaen ja silloinkin vain muutamassa paikassa. Inarin Lapissa, Sallassa ja Kemi-Tornion seudulla sekä Montsegorskissa Venäjällä epifyyttijäkälissä oli havaittavissa 1990-luvun alussa rikkipäästöjen aiheuttamia hienorakenteen muutoksia (Oksanen 1995). Nyt jo alentuneet rikkidioksidipäästöt saattoivat olla syynä siihen, että lupon biomassa pieni vuosien 1976 ja 1988 välillä Sodankylän Pomokairassa 50 prosentilla ja Taivalkosken Taivalvaaralla 76 prosentilla (Helle ym. 1990). Suunnilleen samana aikana lupon vähenemistä havaittiin myös valtakunnanmetsien inventoinnin porolaiduntutkimuksessa (Mattila 1988), mutta se, missä määrin kyse on ollut ilman epäpuhtauksista tai metsien nuorentumisesta, jää epäselväksi.

## 3 Luppo porojen ravintona

Pohjoisen havumetsävyöhykkeen metsäpeurojen (Pohjois-Amerikassa metsäkaribujen) talviravinnossa lupoilla on tärkeä merkitys (Banfield 1961). Esimerkiksi Brittiläisen Kolumbian vuoristometsissä tavattava metsäkaribu elää koko talven lähes yksinomaan lupon varassa (Edwards ym. 1960). Suomalaisten, Kainuussa poronhoitoalueen eteläpuolella elävien metsäpeurojen ravintoon luppo kuuluu normaalisti helmi-huhtikuussa, kun syvä tai kovettunut lumi estää poronjäkäliden kaivun (Helle 1982). Myös valtaosa Suomen ja Ruotsin poroista viettää talvensa havumetsäalueella. Käsitykset lupon merkityksestä poroille ovat kui-

tenkin vaihtelevia, ja ovat selvästi sidoksissa poronhoidon käytäntöihin, joihin puolestaan ovat vaikuttaneet muutkin tekijät kuin pelkkä ravinnon saatavuus.

Vanhassa metsäporonhoidossa ns. luppokaskien kaataminen poroil- le oli keski- ja kevättalvella ainoa tapa hoitaa suurempia poromääriä yh- tenä tokkana (Kortesalmi 1960), mikä oli tarpeen kahdesta syystä. Paimennuksella pystyttiin vähentämään suurpetojen aiheuttamia vahinkoja ja estämään porojen kulkeutuminen ja ehkä häviäminen vieraisiin palis- kuntiin. Kun luppokasket kiellettiin metsien saadessa muuta arvoa, po- rot alkoivat käyttää hyväkseen hakkuutyömaiden loppoa (Helle ja Saas- tamoinen 1979). Alaruikka (1964) mainitsee lupon poroille tarpeellise- na hätäravintona, mutta päähuomion porolaidunten esittelyssä saavat poronjäkävät. Näkemys vastaa entistä keskilappilaista paimennusporon- hoidon käytäntöä, jossa porot ”pakotettiin” kaivamaan kevääseen asti. ”Kaula katki loppoilevalta porolta”, sanottiin ennen Sodankylässä (Hel- le 1980).

Entiseen tiukkaan tokkapaimennukseen verrattuna nykyisen kaltai- sessa suhteellisen vapaassa laidunnuksessa (poronhoitoalueen pohjois- puoliskolla aidat paliskuntien rajoilla, suurimmassa osassa paliskuntia ei käytännössä susia tai ahmoja) porot jakautuvat maastoon ravintova- roja vastaavasti, mikä tekee tehokkaan lupon käytön mahdolliseksi. Esi- merkiksi kuusamolaisessa Alakitkan paliskunnassa porot elivät 1970- luvun alussa lupon varassa puolet talvilaidunkaudesta (Helle 1982). En- nen talvisen ruokinnan tehostumista lupon määrä poroa kohti (talvinen porotiheys luppolaitumilla) vaikutti seuraavana syksynä poronvaso- jen teuraspainoon Oraniemen paliskunnassa Sodankylässä (Kumpula ja Nieminen 1992). Koko poronhoitoalueen kattavassa paliskunnittaisessa tarkastelussa vv. 1960–1973 lupon määrä (ilmaistuna varttuneiden metsien määrällä) vähensi vasaprocentin vuosivaihtelua (Helle ja Ko- jola 1993).

Viime vuosina loppo on noussut metsätalouden ja poronhoidon ris- tiriitojen pääaiheeksi poronhoitoalueen pohjoispuoliskolla. Siellä porot käyttävät loppoa poikkeustalvia lukuun ottamatta maaliskuussa (Helle ja Saastamoinen 1979). Valtaosa alueesta kuuluu poronhoitolais- sa määritettyyn poronhoidolle erityisesti tarkoitettuun alueeseen. Kysy- mys on siitä, miten tulkitaan lain määräys, jonka mukaan valtion maan- käyttö ei saa aiheuttaa ”huomattavaa haittaa” poronhoidolle. Pohjoisin osa erityisesti poronhoitoa varten varatusta alueesta kuuluu saamelai- sten kotiseutualueeseen (Enontekiö, Utsjoki, Inari ja Lapin paliskunta Pohjois-Sodankylässä). Suomella on useita kansainvälisiä sopimuksia, joissa se on sitoutunut kunnioittamaan saamelaisten oikeutta harjoittaa poronhoitoa perinteellisenä elinkeinonaan.



Kummassakin tapauksessa kysymys luposta on poronhoitajan näkökulmasta viime kädessä taloudellinen: jos porolukua tai tuottotavoitetta poroa kohti ei alenneta, vähenevä loppo joudutaan korvaamaan poronomistajan itsensä kustantamalla lisäruokinnalla. Tehokas talviruokinta alkoi 1970-luvun alussa poronhoitoalueen eteläosissa ja levisi sieltä kohti pohjoista (Helle ja Saastamoinen 1979). Poronhoitoalueen pohjoispuoliskolla ruokinta yleistyi erityisesti 1980-luvulla, jolloin poronlihan tuottajahinta oli parhaimmillaan kaksinkertainen nykyiseen verrattuna. Pohjoisessa rehun saanti omasta takaa ei ole samalla tavalla itsensänselvyys kuin etelämpänä, ja ruokintakustannuksia nostaa olennaisesti rehun kuljettaminen moottorikelkoilla tietömiin erämaihin. Moiniin pohjoisten paliskuntien nykyisiin porotaloussuunnitelmiin kirjattu alhaisen tuottajahinnan vaatima kustannusten leikkaaminen koskee myös talviruokinnan järjestämistä, mikä toisaalta korostaa poronjäkälä- ja luppolaidunten merkitystä.

Poron saatavilla olevan lupon määrittämisessä on ollut vaihtelevia käytäntöjä. Tiukimmassa tulkinnassa (esim. Mattila 1979) huomioon on otettu vain alle kahden metrin korkeudella oleva loppo, joka on poron ulottuvilla joka talvi viimeistään keväisten, poroa kannattavien hankien aikana. Varttuneissa männyissä ja kuusissa on niukasti tai ei lainkaan oksia alle kahden metrin korkeudella, ja kun loppo on yleensä vielä tarkoin käytetty, tällä tavoin määritetty biomassa jää yleisesti 5–7 prosenttiin puun tai metsikön kokonaisluppobiomassasta (Soppela 2001, Preuss 2003). Perustellumpaa on ottaa huomioon lupon kokonaisbiomassa, sillä lupon putoaminen hangelle on lähes jokavuotinen ilmiö, joka tunnetaan kansankielessä ”Tapion kylvön” ja ”metsänkylvön” nimellä. Tämä on otettu huomioon kehitettäessä valtakunnanmetsien inventoinnin yhteydessä tehtävän luppolaiduntutkimuksen menetelmiä (Mattila 1997).

Valtaosa ”lupposadannasta” tapahtuu tuulten, lumen ja jään vaikutuksesta syys-maaliskuun välillä (Edwards ym. 1960, Esseen 1985), jolloin lumelle pudonnut loppo on porojen käytettävissä viimeistään lumien sulaessa. Porojen kevättalvisen ravinnonkäytön kannalta merkittävimpiä ovat suhteellisen suuret hangelle pudonneet sekovarren kappaleet sekä maahan varisevat kuivuneet, luppoiset oksat ja katkenneet latvat (Sulkava ja Helle 1975, Sparrevik 1984, Eriksson ym. 1987). Hangelle pudonneella lupolla on tärkeä merkitys myös metsäkaribuille, jotka valitsevat laitumensa juuri tästä syystä puuston kokonaisluppomäärän eikä eläinten ulottuvilla olevan lupon perusteella (Terry ym. 2000).

Lupposadannan määrä (lupon kuivapaino kg/ha/v) vaihtelee Suomessa ja Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan 7 ja 52 kg välillä (taulukko 1). Voidaan olettaa, että varttuneissa metsissä sadanta on suunnilleen saman suuruinen lupon vuotuisen painonlisäyksen kanssa, joka on noin 10 prosenttia vuodessa (Renhorn ym. 1997). Tämä johtopäätös on epäsuorasti tehtävissä kahdesta tarkkaan tutkitusta kuusikosta (Sodan-

Taulukko 1. Lupposadannan määrä kirjallisuustietojen mukaan Suomessa ja Ruotsissa.

Tutkimus	Pääpuulaji	Metsikön ikä	Lupposadanta kg/ha
Kuusinen & Jukola-Sulonen 1987	Mänty	234	7 kg/ha/vuosi
Sulkava & Helle 1975	Mänty	Vanha	15 kg/ha/talvi
Sparrevik 1984	Kuusi	133	35,5 kg/ha/vuosi
Esseen 1985	Kuusi	Vanha	0,1–0,2 kg/ha/vrk

kylä ja Taivalkoski). Niissä puukohtaiset luppobiomassat eivät enää kasvaneet puun iän ylittäessä 130 vuotta (Preuss 2003) syystä, joka edellä todettiin.

Tällä tavoin määritettynä poron saatavilla oleva luppomäärä on huomattava, kun sitä verrataan esimerkiksi poronjäkälien vuosituottoon, joka sekkin on keskimäärin noin 10 prosenttia (Kärenlampi 1971). Kuusamon merkkipiirissä, jonka alueella sijaitsevassa Oulangan kansallispuistossa lupon runsautta on tutkittu, poronjäkälien ja luppojen vuosituotot ovat kutakuinkin yhtä suuret nykyisellä metsikkörakenteella (Soppela 2001).



Kuva 2. Hangelle pudonnut luppo on tärkeää ravintoa poroille. Sallan pohjoinen paliskunta, huhtikuu 2003. Valokuva T. Helle.

Valtakunnanmetsien inventoinnin yhteydessä tehdyn porolaiduntutkimuksen mukaan poronhoitoalueen etelä- ja keski-osissa kuivien kankaiden jäkäläbiomassat vaihtelevat yleensä välillä 100 ja 200 kg/ha (Mattila 1997), ts. niiden vuotuinen tuotto 10–20 kg/ha. Vastavia ja jopa huomattavasti suurempia luppomääriä esiintyy yleisesti saman alueen kuusivaltaisissa soistuneissa kangasmetissä, tuoreilla kankailla ja paksusammalkuusikoissa (Soppela 2001, Jaakkola ym. 2003).

## 4 Metsätalouden vaikutus luppovaroihin

Nykyistä metsätaloutta on pidetty suurimpana uhkana epifyyttijäkälien sekä lajistolliselle että määrälliselle runsaudelle (Dettki 2000). Dettkin ja Esseenin (1998) mukaan käsittelemättömien metsiköiden lupon yksilömäärät olivat kaksi kertaa suuremmat kuin käsitellyissä metsiköissä. Sekä lajirunsaus että biomassat korreloivat negatiivisesti käsittelyn intensiteetin ja positiivisesti puuston iän ja pohjapinta-alan kanssa (Dettki ym. 1998). Ruotsissa nykyisin käytetyillä kiertoajoilla päätehakkukypsässä metsikössä lupon määrä on vain n. viisi prosenttia maksimaalisista vanhan metsän luppobiomassoista (Renhorn ym. 1997). Koska loppoja esiintyy runsaasti pääasiassa vasta yli 100-vuotiaissa metsissä, voidaan arvioida, että Pohjois-Suomen luppovarot ovat puolittuneet, ts. pienentyneet suunnilleen saman verran kuin vanhojen metsien osuus on laskeutunut sitten 1920-luvulla tehdyn ensimmäisen valtakunnanmetsien inventoinnin. Väheneminen on ollut selvintä alueen eteläpuoliskolla.

### 4.1 Muutokset abioottisessa ympäristössä

Luppojäkälien poikilohydrisestä (eivät pysty säätelemään kosteuttaan) luonteesta johtuen muutokset metsikön pienilmastossa voivat vaikuttaa luppojen kasvuun (Dettki 2000). Ruotsissa hakkuiden reunavaikutusta *Platismatia glaucan* ja *Lobaria pulmonarian* (epifyyttejä, mutta eivät loppoja) kasvunopeuksiin ovat tutkineet Renhorn ym. (1997). Kumpikin laji saavutti suurimman kasvunsa aukossa 12 metrin etäisyydellä reunametsästä. Myöskään tarkemmilla klorofylli- ja fluoresenssimittauksilla jäkälien elinvoimassa ei havaittu eroja eri etäisyyksillä (2–100 m) hakkuualan reunasta. Renhorn ym. (1997) esittävätkin, että hakkuiden seurauksena lisääntynyt valon määrä toisaalta kiihdyttää epifyyttijäkälien kasvua, mutta muuttuneet tuuliolosuhteet altistavat jäkälät tuulen kuivattavalle, kasvua hidastavalle vaikutukselle. Kosteusolosuhteissa tapahtuneita muutoksia voidaan selittää myös haihdunta-sadantamuutoksilla. Siten kauempana reunasta haihdunta on vähäisempää, mutta reunan läheisyydessä taas sadanta runsaampaa, jolloin kosteusolosuhteet säilyvät hyvinä jäkälien kasvuille (Renhorn ym. 1997). Missä määrin tulokset sopivat myös eri luppolajeihin, on tutkimatta. Luppojen elinympäristövaatimuksista päätellen ilman suhteellisen kosteuden aleneminen ei vaikuta kanadanlupon eikä ehkä myöskään mustalupon esiintymiseen.

### 4.2 Muutokset maisemarakenteessa

Kaiken kaikkiaan metsätalouden luomat laajat tasaikäiset metsäalueet vähentävät epifyyttijäkälien määrää ja diversiteettiä pienentämällä met-

siköiden sisäistä vaihtelua sekä pidentämällä luppojen leviämismatkaa (Lesica ym.1991, Dettki ja Esseen 1998, Dettki 2000). Nykyisin suosittavat kiertoajat ovat hitaasti leviävien lajien kolonisaatiolle liian lyhyitä (Kuusinen ym. 1990, Hyvärinen ym. 1992, Kuusinen 1996, Renhorn 1997).

## 5 Luppojen esiintymisen turvaaminen

Metsätalouden mitoittamisessa ja järjestämisessä siten, että metsät säilyvät luppoisina, on kysymys lähinnä kahdesta asiasta. Se edellyttää ensinnäkin, että osa metsistä täyttää iältään ja siihen liittyen myös muita ominaisuuksiltaan luppojen kasvupaikkavaatimukset, ja toiseksi, että luppo siirtyy metsikkötasolla puusukupolvelta toiselle. Kun luppometsiä hoidetaan porojen tai metsäkaribujen laidunmaina, kyseessä ovat laajat pinta-alat, ja tavoite on selvästi vaativampi kuin mitä pelkkä luppojen suojelu (uhanalaistumisen estäminen) todennäköisesti edellyttäisi.

Suomessa tehtyjen laiduntutkimusten mukaan noin 70 % metsämaiden metsistä on lupottomia (Mattila 1979, 1997). Syynä on yleensä metsikön nuori ikä. Toisaalta vanhoissa luonnonmetsissä valtapuuston alla kasvaneissa taimissa tai nuorissa puissa on jo loppoa (Jaakkola ym. 2003), joka on lähtöisin suuremmista puista pudonneista sekovarista tai niiden kappaleista. Ruotsalaistutkimuksen mukaan luppojen leviäminen, joka tapahtuu pitempien etäisyyksien päähän sekovarresta irronneiden murusten tai hahtuvien avulla, on suhteellisen tehotonta, pienimmätkin hahtuvat lentävät tuulen mukana reunametsästä vain noin 100 metrin päähän (Dettki 2000). Avohakkuulojen suurista pinta-aloista johtuen luppon levittäytyminen on näin ollen hidaskäynninen prosessi. Toinen merkittävä luppojen leviämiseen liittyvä näkökohta koskee kolonisaation onnistumista: tarjoaako taimikko sopivan kasvualustan ja -ympäristön sinne pudonneelle sekovarren muruselle. Tätä kysymystä ei ole kunnolla selvitetty. Voidaan kuitenkin ajatella, että kolonisaation onnistuminen riippuu reunametsän puuston luppolajistosta ja uudistusalueella viljellystä puulajista. Jos reunametsä on vanha kuusikko, jossa tärkein luppolaji on vain kuusella esiintyvä korpiluppo, mutta uudistusalueella on viljelty mäntyä, kolonisaatio ei onnistu. Tämä johtuu siitä, että korpiluppo vaatii kasvupaikalta korkeaa ja tasaisena pysyvää ilman suhteellista kosteutta. Jos taas reunametsässä on runsaasti ilman suhteellisen kosteuden suhteen vähemmän vaateliasta kanadanluppoa tai mustaluppoa (kasvaa sekä männynllä että kuusella), kolonisaatio voi onnistua.

Kanadassa on kehitetty metsätalouden ja karibujen suojelun yhteensovittamiseksi käytäntöjä, joilla pyritään riittävän suurien laidunalueiden säilyttämiseen aluetasolla (Terry ym. 2000, Stevenson ja Hatler 1985, Stenvensson ym. 1991). Tutkimusten pohjalta annetuissa suosi-

tuksissa esitetään, että uusiin metsäsuunnitelmiin rajataan karibujen nykyiset sekä potentiaaliset, riittävän suuret ja suhteellisen koskemattomat talvilaidunalueet. Nykyisten laidunten määrä ja laatu (metsätyyppi ja ikä) kuvataan ja tulevaisuuden laidunresurssien määrä sekä laatu arvioidaan tunnetun metsän luonnollisen sukkession avulla (Hervieux ym. 1996). Luppojäkälien esiintymisalueiden säilyttämiseksi avohakkuiden sijaan suositetaan vaihtoehtoisiksi käsittelytoimenpiteiksi harsinta-hakkuuta tai eri-ikäisrakenteisen metsän hakkuuta (Stevenson ym. 1991). Hakkaamatta jäävän puuston (*Picea-Pseudotsuga*) pohjapinta-alan pitäisi olla vähintään 20 m<sup>2</sup>/ha (Terry ym. 2000). Jätöpuut toimisivat myös epifyyttijäkälien leviämiskeskuksina seuraavan kiertoajan metsikköön (Stevenson ym. 1991). Lupon kasvupaikkojen turvaamisen lisäksi metsien hoidolla voidaan vaikuttaa myös loppujen saatavuuteen. Noin 20–30 % tilavuuspoistumaa ja ryhmittäistä valintaa suositellaan lupon saatavuuden parantamiseksi (Armleder ja Stevansson 1996).

Kanadassa on laskettu laidunalueet huomioon ottavan karibu-strategian taloudellisia vaikutuksia. Ensimmäisen kiertoajan jälkeen havupuun saanto on noin 23 % pienempi kuin nykyisten metsänhoitokriteerien mukaisesti hakattaessa (Aldridge 1995). Keskeinen menetelmä on kiertoaikojen pidentäminen. Sen talousvaikutukset riippuvat metsikön ikärakenteesta, puulajijakaumasta, metsikköhistoriasta ja monista muista tekijöistä. Kustannuksia lisää myös kasvanut luontainen poistuma. Kaiken kaikkiaan karibu-strategian arvioitiin pienentävän hakkuukertymää 16–32 prosentilla, jos vertailukohtana pidetään nykyisiä käytäntöjä (McKenney ja Nippers 1996). Kanadalaistutkijoiden mukaan lukuihin tulee suhtautua kuitenkin varauksella, sillä metsien käsittely muuttuu joka tapauksessa luonnon dynamiikkaa jäljittelevään suuntaan, jolloin metsien käyttöön tulee rajoituksia karibu-strategiasta huolimatta. Huolellisella suunnittelulla voidaan metsätaloudellisia menetyksiä minimoida karibujen laidunalueet huomioivassa metsien käsittelyssä (Armstrong 1996).

Ruotsissa on Västerbottenin lääninhallituksen johtamassa tutkimus- ja kehittämisprojektissa (Renbruksplan 2000–2002) pyritty luomaan porotaloudelle suunnittelutyökalu, jota voidaan hyödyntää useissa erilaisissa alueidenkäytön suunnittelutilanteissa niin Skogsvårdstyrelsenin kuin lääninhallituksen kanssa. Vastaavat kysymyksenasettelut loppujen esiintymisen turvaamiseksi ovat esillä myös Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalta johdettavassa hankkeessa *Poronhoito ja muuttuva ympäristö* (2002–2005). Tutkimushankkeessa kehitettävillä luppomalleilla saatetaan numeeriseen muotoon luppobiomassan kehittyminen suhteessa maisemarakenteeseen. Näin on mahdollista saada luppovaratieidot mukaan metsätalouden alue-ekologisiin suunnitelmiin, joista ne tällä hetkellä puuttuvat. Metsäsuunnitteluprosessissa voidaan tällöin arvioida rinnan puuntuotannollisten, virkistyskäyttöisten ym. ta-

voitteiden kanssa luppovaroihin ja muihin porojen talvilaitumiin liittyviä tekijöitä (Kangas ja Kangas 2001). Metsien rakenteen muutoksen vaikutusta voidaan mallintaa ja tarkastella lupon esiintymisen muutosta myös ajan funktiona erilaisten alue-ekologisten toimenpiteiden seurauksena ja arvottaa eri vaihtoehtojen hyvyys eri kriteerein optimointiohjelmien avulla (Dettki 2000, Kangas ja Kangas 2001, Karvonen 2000). Muuttuneiden kuviotietojen päivitys takaisi myös luppoaratietojen päivityksen paikkatietojärjestelmässä, jolloin alueiden käytön seuranta yksinkertaistuu. Tuotettuja luppo- ja muita laidunvaroja koskevia malleja voitaisiin verrata paliskuntien omiin ”poroekologisiin suunnitelmiin”, mikä todennäköisesti helpottaisi elinkeinojen yhteensovittamista.

## Kirjallisuus

- Ahti, T. 1977. Lichens of the boreal coniferous zone. Julkaisussa: Seaward, M.R.D. (toim.). Lichen ecology. Academic Press, London. s. 145–181.
- Alarukka, Y. 1964. Suomen porotalous. Lapin Maakuntapaino. Rovaniemi. 215 s.
- Albridge, C. 1995. Wood supply and woodland caribou on the Nakina/Geraldton Forests and the Lac Seul Forest. Ontario Ministry of National Resources, NWST Technical Reports TR-97. 93 s.
- Angelstam, P. & Rosenberg, P. 1993. Aldrig, sällan, ibland, ofta. Skog & Forskning 1993 (1): 34–41.
- Armleder, H. M. & Stevenson, S. K. 1996. Using alternative silviculture systems to integrate mountain caribou and timber management in British Columbia. Proceedings of the 6<sup>th</sup> North American Caribou workshop, Prince George, B.C., 14 March 1994. Rangifer 9 (Special Issue): 141–148.
- Armstrong, T. E. R. 1996. Integration of woodland caribou habitat management and forest management in northern Ontario – current status and issues. The Seventh North American Caribou Conference, Thunder Bay, Ontario, Canada, 19–21 August, 1996. Rangifer 10 (Special Issue): 221–230.
- Banfield, A. W. F. 1961. A revision of the reindeer and caribou, genus Rangifer. Bulletin of National Museum of Canada 177: 1–137.
- Dettki, H. 2000. Epiphytic lichens in boreal forest landscapes: Influence of forestry and spatial structure. Doctoral dissertation. Department of Ecology and Environmental Science, Umeå University. 134 s.
- & Esseen, P.-A. 1998. Epiphytic macrolichens in managed and natural forest landscapes: a comparison at two spatial scales. Ecography 21: 613–624.
- Edwards, R., Soos, J. & Ritcey, R. W. 1960. Quantitative observations on epidendric lichens used as food by caribou. Ecology 41: 425–431.
- Eriksson, O., Sandewall, M. & Wilhelmsson, E. 1987. Virkesproduktionens inverkan på renskötselns lavbete. En metodstudie. A model for analyzing influence of timber production on lichens for reindeer grazing. Rangifer 2: 15–32.
- Esseen, P.-A. 1981. Host specificity and ecology of macrolichens. Wahlenbergis (7): 73–80.

- 1983. Ecology of lichens in boreal coniferous forests with reference to spatial and temporal patterns. Doctoral dissertation, Umeå University. 147 s.
- 1985. Litter fall of epiphytic macrolichens in two old *Picea abies* forests in Sweden. *Canadian Journal of Botany* 63: 980–987.
- , Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. 1992. Boreal forests – the focal habitats of Fennoscandia. Julkaisussa: Hansson, L. (toim.). *Ecological principles of nature conservation*. Elsevier Applied Science, London. s. 252–325.
- , Renhorn, K.-E. & Petterson, R. B. 1996. Epiphytic lichen biomass in managed and old-growth boreal forests: effect of branch quality. *Ecological Applications* 6: 228–238.
- Galloway, D. J. 1992. Biodiversity: a lichenological perspective. *Biodiversity and Conservation* 1: 312–323.
- Gauslaa, Y. & Holien, H. 1998. Acidity of boreal *Picea abies* canopy lichens and their substratum modified by local soils and airborne acidic depositions. *Flora* 193: 249–257.
- & Solhaug, K.A. 1998. Differences in the susceptibility to light stress between epiphytic lichens of ancient and young boreal forest stands. *Functional Ecology* 10: 344–354.
- Gärdenfors, U. (toim.) 2000. Rödlistade arter i Sverige. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hauck, M. 2000. Ecology of epiphytic lichens in montane spruce forest: influence of forest dieback and forest management on chemical habitat conditions. Berlin, Cramer. 232 s.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature (London)* 227: 145–148.
- Helle, P., Helle, T. & Mönkkönen, M. 1989. Lupon esiintyminen Oulangan kansallispuistossa. Summary: Abundance of arboreal lichens (*Usneaceae*) in the Oulanka National Park, northeastern Finland. Julkaisussa: Poikajärvi, H., Sepponen, P. & Varmola, M. (toim.). *Tutkimus luonnonsuojelualueilla. Research activities on the nature conservation areas*. *Folia Forestalia* 736: 94–98.
- Helle, T. 1980. Jäkälälaidunten tilassa tapahtuneet muutokset Suomen poronhoitoalueella 1900-luvulla. *Lapin tutkimusseuran vuosikirja* 21: 13–22.
- 1982. Peuran ja poron jäljillä. Kirjayhtymä, Helsinki. 160 s.
- & Kojola, I. 1993. Reproduction and mortality of Finnish semi-domesticated reindeer in relation to density and management strategies. *Arctic* 46: 72–77.
- & Saastamoinen, O. 1979. The winter use of food resources of semi-domestic reindeer in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 95(6). 27 s.
- , Norokorpi, Y. & Saastamoinen, O. 1990. Reduction of arboreal lichens in two spruce stands in northern Finland between 1976 and 1988. *Nord, Miljörapport* 1990(2): 57–66.

- Hervieux, D., Edmonds, J., Bonar, R. & McCammon, J. 1996. Successful and unsuccessful attempts to resolve caribou management and timber harvesting issues in west central Alberta. The 6th North American Caribou Workshop, Prince George, B.C. 1.-4.3.1994. Rangifer 9: 185–190.
- Jaakkola, L., Helle, T., Soppela, J., Niva, A. & Yrjönen, M. 2003. Correlation of the arboreal lichen biomass on the forest structure and abundance scale in the virgin forests in Northern Finland. Julkaisematon käsikirjoitus.
- Kangas, A. & Kangas, J. 2001. Alue-ekologisten tarkastelujen integrointi metsäsuunnitteluun. Julkaisussa: Kangas, J. & Kokko, A. (toim.). Metsän eri käyttömuotojen yhteensovittaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 800: 289–293.
- Karvonen, L. 2000. Alue-ekologinen suunnittelu Metsähallituksessa: käytäntöä ja kehittämistä. Julkaisussa: Kokko, A., Kangas, J. & Jokimäki, J. (toim.). Alue-ekologia tutkimustuloksia ja suunnittelukokemuksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 779: 71–88.
- Knops, J. M. H., Nash, T. H., Boucher, V. L. & Sclesinger, W. H. 1991. Mineral cycling and epiphytic lichens: implications at the ecosystem level. Lichenologist 23: 309–321.
- Kortesalmi, J. 1960. Entisaikaisesta kuusamolaisesta porotaloudesta. Pohjois-Pohjanmaan maakuntaliiton vuosikirja XVIII: 19–56.
- Kumpula, J. & Nieminen, M. 1992. Pastures, calf production and carcass weights of reindeer calves in the Oraniemi co-operative, Finnish Lapland. Rangifer 12(2): 93–104.
- Kuusinen, M. & Jukola-Sulonen, E.-L. 1987. Litterfall of epiphytic lichens and changes in species composition at four *Pinus sylvestris*-stands in Finland. Symposium on the effects of air pollutants on forest ecosystem. Oulu, 11.-12.12.1986. Aquila 25: 83–89.
- , Mikkola, K. & Jukola-Sulonen, E.-L. 1990. Epiphytic lichens on conifers in the 1960's to 1980's in Finland. Acidification in Finland. s. 397–420.
- Kärenlampi, L. 1971. Studies on the relative growth rate of some fruticose lichens. Reports from the Kevo Subarctic Research Station 7: 33–39.
- Lesica, P., McCune, B., Cooper S. V. & Hong W. S. 1991. Differences in lichen and bryophyte communities between old-growth and managed second-growth forests in the Swan Valley, Montana. Canadian Journal of Botany 69: 1745–1755.
- Mattila, E. 1979. Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976–1978. Summary: Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area 1976–1978. Folia Forestalia 417. 37 s.
- 1988. Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet. Folia Forestalia 713. 53 s.
- 1997. Poronhoitoalueen etelä- ja keskiosien talvilaiduntunnukset metsäositteissa puuston ikäluokittain 1980-luvun alussa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1997: 201–223.



- McKenney, D. & Nippers, B. 1996. A spatial analysis of caribou-wood supply trade-offs in north-western Ontario. Canadian Forest Service, Sault Ste. Marie. Draft Reports. 42 s.
- Moberg, R. & Holmåsén, J. 1982. Lavar. Rahm & Stenström Interpublishing AB. Stockholm. 240 s.
- Nash, T. H. 1996. Lichen biology. University Press, Cambridge. 303 s.
- Oksanen, J. 1995. Jäkälät reagoivat herkimmin. Julkaisussa: Tikkanen, E. (toim.). Kuolan saastepäästöt Lapin metsien rasitteena. Itä-Lapin metsävaurioprojektin loppuraportti. Gummeruksen kirjapaino, Jyväskylä. s. 101–119.
- Preuss, S. 2003. Lichen biomass in old spruce forests in northern Finland. M.Sc. thesis, University of Norwich. 20 s.
- Renhorn, K.-E., Esseen, P.-A., Palmqvist, K. & Sundberg, B. 1997. Growth and vitality of epiphytic lichens; responses to microclimate along a forest edge-interior gradient. *Oecologia* 109: 1–9.
- Showman, R. E. 1988. Mapping air quality with lichens, the North American experience. Julkaisussa: Nash, T. H. & Wirth, V. (toim.). Lichens, bryophytes and air quality. Cramer, Berlin. s. 67–89.
- Soppela, J. 2001. Lupon biomassa- ja lajikohtainen vaihtelu eri kasvupaikoilla Oulangan kansallispuistossa. Metsäympäristön hoidon ja suojelun pro gradu-työ. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 58 s.
- Sparrevik, E. 1984. Trädlevande tagellaver som renbete. Kvantitativa undersökningar av några arter tillhörande släktena *Alectoria* och *Bryoria*. Meddelanden från Växtbiologiska institutionen, Uppsala 1984: 3. 27 s.
- Stevensson, S. & Hatler, D. F. 1985. Woodland caribou and their habitat in Southern and Central British Columbia. B. C. Ministry of Forests, Victoria, BC. Report 23.
- Child, K. N., Watts, G. S. & Terry, E. L. 1991. The mountain caribou in managed forests program: Integrating forestry and habitat management in British Columbia. Proceedings of the 5<sup>th</sup> North American Caribou Workshop. Rangifer 7 (Special Issue): 130–136.
- Sulkava, S. & Helle, T. 1975. Range ecology of the domesticated reindeer in the Finnish coniferous forest area. Proceedings of first international reindeer/caribou symposium. Biological Papers University of Alaska, Special number 1: 308–315.
- Terry, E. L., McLellan, B. N. & Watts, G. S. 2000. Winter habitat ecology of mountain caribou in relation to forest management. *Journal of Applied Ecology* 37: 589–602.
- Topham, P. B. 1977. Colonisation, growth, succession and competition. Julkaisussa: Seaward, M. R. D. (toim.). Lichen ecology. Academic Press, London. s. 9–29.



# Tutkimustarpeita porotalouden näkökulmasta

*Matti Särkelä*

Metsien hoitoon ja tutkimukseen liittyy se, että puuntuotannollisen näkökulman ohitse porotalouteen liittyvät metsäkysymykset ovat harvemmin olleet metsän hoitamisen tai tutkimuksen kohteena. On olemassa vähemmän tutkittua tietoa siitä, miten mikäkin metsähoidon käytäntö vaikuttaa poronhoidon harjoittamiseen edellytyksiin maastossa. ***Miltä mikäkin asia näyttää ”poron silmin” katsottuna?*** Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tiedon puuttuessa tehdään toisinaan ratkaisuja, jotka murentavat poronhoidon harjoittamisen edellytyksiä.

Tässä yhteydessä porotalous listaa poro- ja metsätalouden välillä esiin nousseita tiedonpuutteita, joita metsäntutkimuksen avulla voitaisiin selvittää ja näin todennäköisesti voitaisiin löytää uusia käytännön ratkaisumalleja poro- ja metsätalouden yhteensovittamiseen. Esitykset on tehty osin tutkimusaloittain ja osin tutkimuskohteittain (mielivaltaisessa järjestyksessä). Suuri osa esityksistä olisi luokiteltavissa metsänhoidollisten ja metsänparannuksellisten toimenpiteiden seurausvaikutusten selvittämistoimiksi poron näkökulmasta (luonnontieteet), vaikkakin osassa on otettu huomioon metsäntutkimuksen laajeneminen yhteiskuntatieteiden suuntaan.

## I Metsäekonomia

On perusteltua luulla, että Lapissa on paljon alueita, joilla metsään liittyvä puuntuotannollinen tuotto jää toiseksi jopa pelkästään porotalouden tuottoon verrattuna, saati sitten matkailuun tai siihen yhdistettyjen muiden maankäyttömuotojen tuottoon verrattuna. Tutkimusta metsän eri käyttömuotojen taloudellisista tuotoista ja niiden eri yhdistelmistä tarvitaan päätöksenteon pohjaksi. Viimeisin merkittävä tutkimus aiheesta julkaistiin v. 1982, jolloin Olli Saastamoinen väitteli Saariselän alueen metsien monikäytöstä. Hän totesi, että matkailu ja porotalous yhdistettynä Saariselän alueella tuottavat enemmän taloudellista hyötyä kuin metsätalous.

## 2 Maankäytön ekonomia

Muiden maankäytön muotojen vaikutusta poronhoidon harjoittamiseen on tutkittu maassamme vähän. On olemassa yksittäisiä selvityksiä joidenkin maankäytön muotojen vaikutuksista poronhoidon harjoittamisen edellytyksiin joillakin tietyillä, rajatuilla alueilla. Myöskään ei ole tehty tutkimusta, missä erilaisten maankäytön muotojen vaikutuksia porotalouteen olisi a) arvioitu vuodesta toiseen systemaattisesti ja b) tehty kokonaisvaltaisia arvioita yrittäen löytää erilaisten maankäytön muotojen syy- ja seuraussuhde -vaikutukset poronhoidon harjoittamiseen tai laidunten kulumiseen. Hajallaan olevat tutkimustulokset olisi koottava ja samanaikaisesti olisi käynnistettävä analyysi siitä, mitä kaikkea porotalouden harjoittamisen näkökulmasta muiden maankäytön muotojen vaikutuksista olisi tutkittava. Poro ei liene kaikkialla yksin syyllinen laidunten kulumiseen, vaan kuluminen on osin summa maankäytön monimutkaisesta syy- ja seuraussuhde -verkostosta.

## 3 Luppo- ja jäkälävarat

Koko poronhoitoalueen luppolaidun- ja luppovarat tulisi nopeasti kartoittaa. Lupon määrä tulisi nopeasti saattaa systemaattisen seurannan alle ja siihen liittyvät tiedot tulisi sisällyttää suunnittelujärjestelmiin. Luppo on poron keskeisin paksun ja kovan lumen ajan ravinnonlähde. Mitä VMI voisi tehdä asialle? Mikä on luppovarojen suuren vähentymisen suhde syntyneeseen porojen lisäruokintaan? Onko luppo- tai jäkälälaitumia mahdollista uudistaa tai nopeuttaa niiden uudistumista keinollisesti?

## 4 Metsäojitus ja turvetuotanto

Mitkä ovat mahdolliset ojitusten ja turvetuotannon poroille aiheuttamat seuraukset? Samasta asiasta keskustellaan ojitukseen liittyen metsäkanalintujen esiintymistä pohdittaessa. Näkyvätkö ojitukset vasojen kuolleisuudessa tai vasapainoissa? Turvetuotanto vaikuttaa paikallisesti suuressi porojen kesäravintovaroja vähentäen.

## 5 Maanpinnan käsittely ja hakkuutavat

Maanpinnan käsittelystä ja hakkuutavoista on puhuttu paljon viime vuosikymmeninä. Onko käsittelyn tai hakkuutapojen eri vaihtoehtoja selvitetty ”poron silmin”? Mistä poro hyötyy ja mistä ei? Olisiko jotain tehtävissä, jos olisi tietoa asiasta?

## 6 Metsien ikärakenne

Poronhoitoalueen metsissä on tapahtunut suuri ikärakenteen muutos siten toisen maailmansodan. Mitkä ovat metsäkuvassa tapahtuneen muutoksen seuraukset porolle ja sen maastonkäytölle? Miten poron ravintovarat, laidunnus ja suojaan hakeutuminen, jopa poronhoitotavat ovat muuttuneet harjoitetun metsätalouden seurauksena kussakin paliskunnassa?

## 7 Metsien uudistaminen

Silloin tällöin nousee esiin se, että poro vaikeuttaa paikoitellen koivun uudistumista. Näiden väitteiden tueksi on esitetty enemmän mielipiteitä kuin huolellisesti tehtyjä tutkimustuloksia. Poronhoitajat suhtautuvat poron saamaan kritiikkiin toisinaan nuivasti, kun tuoreessa muistissa on vähän aikaa sitten tapahtunut koivun hävittäminen vähempiarvoisena puulajina. Onko olemassa tiettyjä kasvupaikkoja, joissa porojen vaikutus näkyy? Toisin paikoin koivu kasvaa niin kovasti, ettei sekaan mahdu. Pitävätkö porot toisaalla vesakkoja kurissa?

## 8 Metsänhoidon hyödyt porotaloudelle

Metsistä saatavat hakkuu- ja työtulot ovat merkittävä lisä poronhoitajaperheille. Myös useista metsänhoidollisista toimenpiteistä on hyötyä poroille maastossa. Mitä ne ovat (ravintovarojen monipuolistuminen, metsätiestön olemassaolo tiettyyn rajaan asti jne.)?

## 9 Biodiversiteetti

Poro vaikuttaa tutkimustulosten mukaan pohjoisen luontoon monimuotoisuutta ylläpitävästi. Luonnollisesti tämä on kyttyssä siihen porojen määrään, joka kullakin alueella laiduntaa. Tärkeää on huomata, että poro on pohjoisessa osa elämää ylläpitävää luonnontalouden koneistoa.

## 10 Ilmaston muuttuminen ja UV-säteily

Porotalous toimii luonnonolosuhteiden armoilla. Muuttuvatko luonnonolosuhteet ja jos muuttuvat, niin miten? Mikä on ilmasto- ja UV-säteilytekijöiden vaikutus porojen pärjäämiseen?

## 11 Luontomatkailu

Luontomatkailu on uusi tutkimusalue. Poro on viime syksyisen etelässä tehdyn kyselytutkimuksen mukaan Lapin tärkein tunnettuustekijä lumen kanssa. Mikä on poron imagon taloudellinen arvo Lapin matkailulle? Tämä arvio puuttuu ja se voitaisiin lisätä poronhoidon merkittävyyteen lihantuotannon taloudellisen arvon päälle.

## 12 Poron sosiaalinen ja kulttuurinen merkitys

Poro pitää pohjoista lämpimänä, sanotaan. Mikä on sen rooli kylien asuttuna pitämisessä, perinteisten tietojen ja taitojen ylläpitäjänä? Mikä on porotalouden merkitys muiden pohjoisen alkutuotantoalojen, esimerkiksi metsänhoidon, maatalouden ja kalastuksen tukena?

## Kirjoittajien yhteystiedot

MMT Anssi Ahtikoski  
Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie, 91500 Muhos  
anssi.ahtikoski@metla.fi

Mti Tarmo Aalto  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
tarmo.aalto@metla.fi

MMT John Derome  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
john.derome@metla.fi

FM Kirsti Derome  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
kirsti.derome@metla.fi

MSc Ludwig Gilbert  
Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteen laitos, PL 35,  
40014 Jyväskylän yliopisto  
gilbert.ludwig@cc.jyu.fi

MMT Ville Hallikainen  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
ville.hallikainen@metla.fi

FT Pekka Helle  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Tutkijantie 2A, 90570 Oulu  
pekka.helle@rktl.fi

FT Timo Helle  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
timo.helle@metla.fi

MMT Mikko Hyppönen  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
mikko.hypponen@metla.fi

MMT Hannu Hökkä  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
hannu.hokka@metla.fi

MMM Lotta Jaakkola  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
lotta.jaakkola@metla.fi

MMT, FT Risto Jalkanen  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
risto.jalkanen@metla.fi

MMT Samuli Joensuu  
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Soidinkuja 4, 00700 Helsinki  
samuli.joensuu@tapio.fi

MMM Soili Kojola  
Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa  
soili.kojola@metla.fi

FT Antti-Jussi Lindroos  
Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa  
antti.lindroos@metla.fi

FM Kari Mäkitalo  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
kari.makitalo@metla.fi

MH Timo Penttilä  
Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa  
timo.penttila@metla.fi

Suunnittelija Markku Päänttjä  
Geologian tutkimuskeskus, PL 77, 96101 Rovaniemi  
markku.panttaja@gsf.fi

MMT Hannu Raitio  
Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano  
hannu.raitio@metla.fi

MMM Hannu Salminen  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
hannu.salminen@metla.fi

MMM Jussi Soppela  
Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Luonnonvara ja ympäristöala  
Jokiväylä 11 C, 96300 Rovaniemi  
jussi.soppela@ramk.fi



FT Marja-Liisa Sutinen  
Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie, 91500 Muhos  
marja-liisa.sutinen@metla.fi

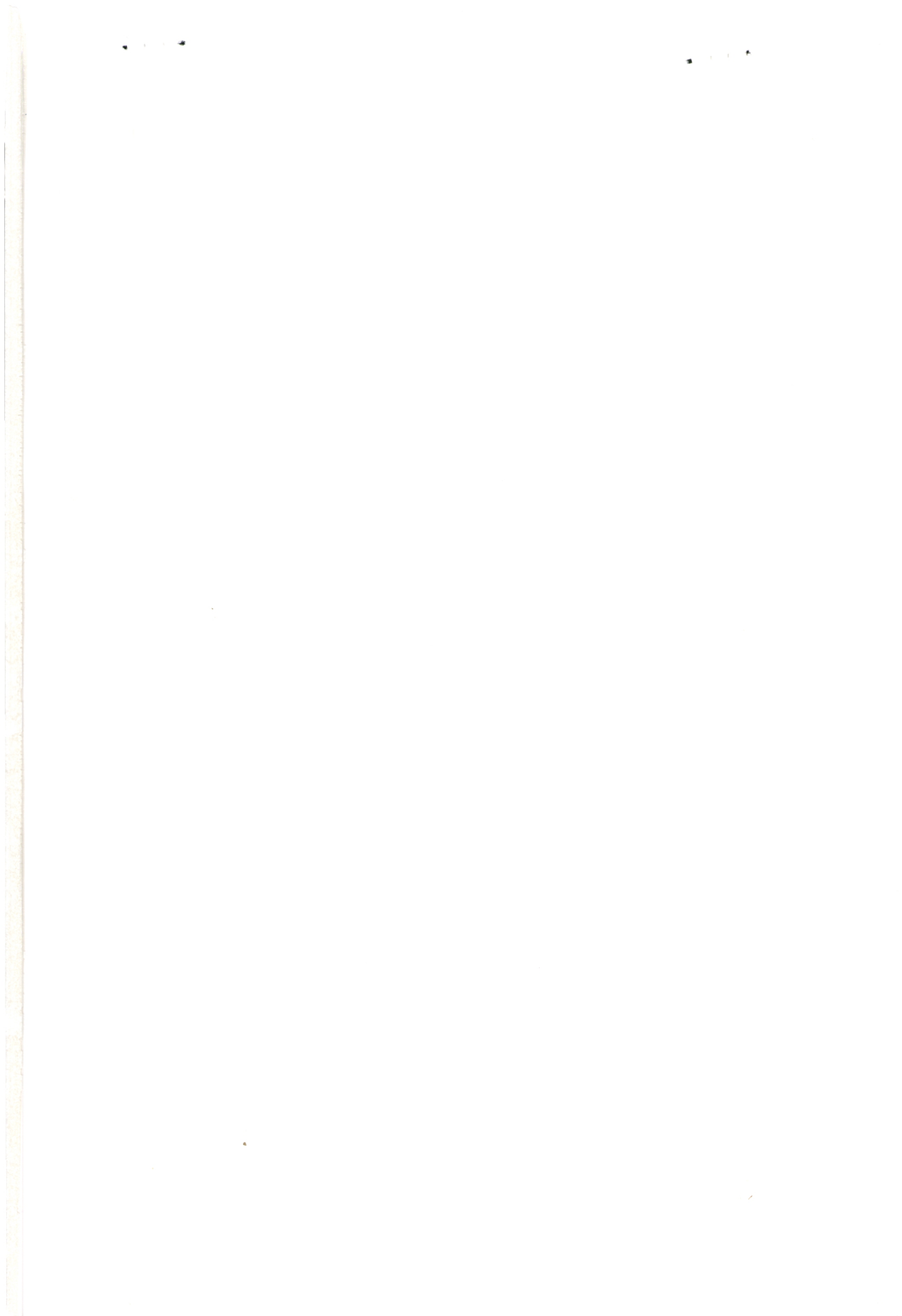
FT Raimo Sutinen  
Geologian tutkimuskeskus, PL 77, 96101 Rovaniemi  
raimo.sutinen@gsf.fi

Suunnittelija Matti Särkelä  
Paliskuntain yhdistys, PL 8168, 96101 Rovaniemi  
matti.sarkela@paliskunnat.fi

FL Ari Teirilä  
Oulun yliopisto, Matemaattisten tieteiden laitos, PL 3000, 90014 Oulun yliopisto  
ateirila@paju oulu.fi

MMT Martti Varmola  
Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi  
martti.varmola@metla.fi





Julkaisu sisältää tutkimukseen pohjautuvaa tietoa suometsien kasvatusvaihtoehdoista sekä hoitotoimenpiteiden vaikutuksesta puuntuotukseen, vesistöjen kuormitukseen ja kanalitujen poikasmääriin. Kangasmaiden tutkimuksissa käsitellään männyn luontaista uudistamista, aurauksen vaikutusta maaperän ominaisuuksiin ja sitä kautta HMT-kuusikon uudistamistulokseen, metsänviljelyn onnistumiseen yleisesti vaikuttavia tekijöitä sekä kontortamännyn viljelyä. Erikseen tarkastellaan lupon merkitystä poron ravintona sekä metsien laskeumakuormitusta ja sen vaikutusta metsäekosysteemiin. Artikkelit pohjautuvat Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tutkimuspäiviin, jotka pidettiin 21.-22.5.2003 Rovaniemellä.

Kannen suunnittelu: Jouni Hyvärinen  
Kuvat: Matti Siipola, Jouni Hyvärinen

