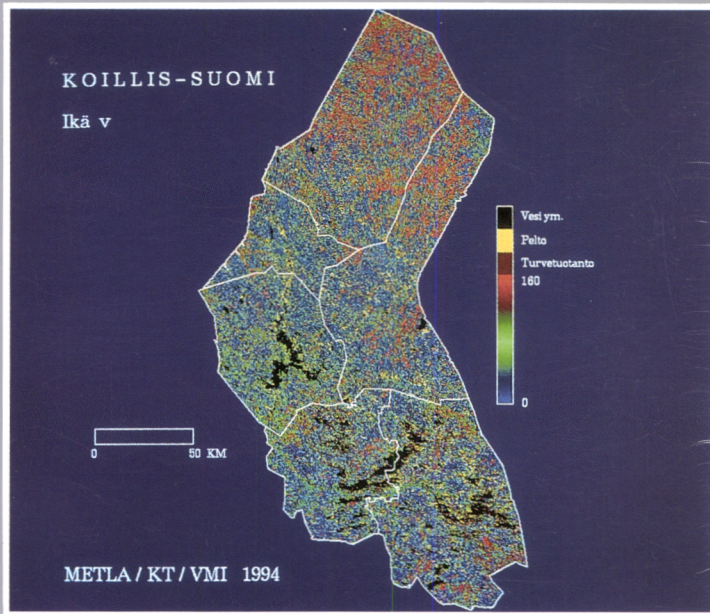


Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994

Toimittaneet
Jarmo Poikolainen ja Tuula Väärä



Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552
1995

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

*Kansikuva: Metsien ikärakenne Koillis-Suomen metsälautakunnan
alueella. Satelliittikuva 1994. METLA/VMI.*

Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994

Toimittaneet
Jarmo Poikolainen ja Tuula Väärä

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552
1995

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

SISÄLLYS

Jukka Valtanen Uutta tietoa 25 vuoden ajan. Tutkimuspäivät tutkimustiedon välittäjänä käytäntöön	1
Erkki Tomppo Koillis-Suomen, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun metsävarat VMI8:n mukaan	9
Eero Kubin Männyn siemenpuiden poiston ajankohta	20
Eero Kubin ja Pentti Savilampi Mättäiden koon ja istutuspaikan vaikutus taimettumiseen	28
Lauri Kemppainen Muokatus metsämaan lämpötilan mallintaminen käyttäen lähtötietoina Ilmatieteen laitoksen mittaustuloksia	42
Eero Kubin ja Mervi Puustinen Kulotuksessa palavan hakkuutähteen ja humuksen määrä sekä niistä vapautuvat ravinteet	55
Saini Heino Lehteentulon ja ruskaantumisen vuotuinen vaihtelu pohjoisella metsänrajalla	62
Matti Oikarinen, Jouni Karhu ja Jorma Pasanen Metsän uudistumiseen vaikuttavista tekijöistä Kainuun vaara-alueilla	69
Pentti Niemistö Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon kehitykseen	87
Leo Koutaniemi Paanajärven paluu maailmankartalle	104

Poikolainen, J. ja Väärä, T. 1995. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552. 108 s. ISBN 951-40-1425-1. ISSN 0358-4283.

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaa-
rentie 7, 91500 Muhos, puh. (981) 5331 404.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 3.11.1995.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos

Hinta: 50 mk

Oulu 1995
Oulun yliopisto
Monistus- ja kuvakeskus

LUKIJALLE

”Arvoisa metsäväki. Tämä päivä on tavanomaisesta poikkeava Kuusamon, Pösjön, Taivalkosken ja Pudasjärven metsäammattimiehille. Tietääkseni nyt on ensimmäinen kerta, jolloin Metsäntutkimuslaitos tulee tällä tavalla suoraan kentälle tuomaan uusinta tietoa sitä tarvitsevalle kenttäväelle. Metsäntutkimuslaitos on koko olemassaolonsa ajan, vuodesta 1917 lähtien, tuottanut jatkuvasti tietoa, mutta sitä on jaettu enimmäkseen kirjallisessa muodossa tai sitten tämänluontoisissa tiedotustilaisuuksissa, joissa kuulijakuntana on ollut yleensä metsäalan organisaatioiden ja yritysten ylempää esimieskuntaa. Haluan näin heti aluksi tuoda julki iloni siitä, että Metsäntutkimuslaitos on ikäänkuin ottanut uuden askeleen lähtemällä levittämään metsätietoa näin suoraan kenttämiehille.”

Edellä mainituilla sanoilla aloitti Oulun läänin maaherra Erkki Haukipuro Muhoksen tutkimusaseman järjestämän metsäntutkimuspäivän avauksen Hotelli Kuusamossa 21.10.1975, samoissa tiloissa, joissa järjestyksessään nyt 22. tutkimuspäivä pidettiin 29. marraskuuta 1994. Kaikille tutkimuspäiville on osallistunut runsaasti kenttäväkeä ja myös organisaatioiden ylempää esimieskuntaa. Kiitos tästä lankeaa tutkimusaseman johtajalle Jukka Valtaselle, joka oivalsi ja halusi lähteä jakamaan uutta tutkimustietoa vuosittain järjestettävillä tutkimuspäivillä suoraan niiden käyttäjille. Tämä käytäntö on vuosien mittaan omaksuttu kaikilla tutkimusasemilla ja laajemminkin koko Metsäntutkimuslaitoksessa. Voidaan hyvin todeta, että Kuusamossa tapahtui lähes 20 vuotta sitten kokonaisen metsäntutkimuspäiväinstituution synty. On ollut varsin luonnollista, että tämäntyyppinen toiminta käynnistyi juuri Muhoksen tutkimusaseman toimialueella, sillä asema oli Metsäntutkimuslaitoksen ensimmäinen erityisesti alueellisia tutkimustarpeita varten perustettu tutkimusasema.

Vuoden 1994 tutkimuspäivän ohjelmaa sisältyi kaikkiaan 10 esitelmää, jotka on koottu tähän julkaisuun. Muhoksen tutkimusaseman tutkijoiden lisäksi esitelmöivät professori Erkki Tomppo (METLA), FM Lauri Kemppainen (Oulun yliopisto), amanuenssi Saini Heino (Turun yliopisto) ja dosentti Leo Koutanieni (Oulun yliopisto). Puheenjohtajana toimi Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnan johtaja Niilo Piisilä.

Metsien käsittely ja erityisesti uudistaminen ovat viime aikoina olleet toistuvasti esillä niin seminaareissa kuin tiedotusvälineissä. Ympäristövaikutusten huomioonotto ja pyrkimys monimuotoisuuden ylläpitämiseen metsien käsittelyssä ovat tulleet jäädäkseen ja uusia suosituksia toiminnalle on tehty — ja uusia on myös tulossa. Tutkimuspäivän ohjelmaan ei kuitenkaan sisältynyt niin-

sanotusti ajankohtaisten virtausten tarkasteluun liittyviä aiheita, mutta sensijaan täysipainoinen annos tutkittua ja mitattua tietoa. Uskon kuitenkin, että esitetyt tutkimustulokset voivat osaltaan luoda tukevaa ja aitoa perustaa myös niille uusille sovellutuksille, joita metsätalouden toimintakenttä on parhaillaan hakemassa.

Kiitän Muhoksen tutkimusaseman puolesta tutkimuspäivän esitelmöitsijöitä ja osanottajia sekä kaikkia tämän tiedonannon valmistamiseen ja järjestelyihin osallistuneita.

Eero Kubin
Tutkimusaseman johtaja

Uutta tietoa 25 vuoden ajan Tutkimuspäivät tutkimustiedon välittäjänä käytäntöön

Jukka Valtanen

*Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 MUHOS*

*Motto: Tieto on kuin vaunuhevokset
viisauden istuessa kuskipukilla.*

1. Johdanto

Metsäntutkimuslaitoksella on alusta alkaen ollut kiinteä yhteys metsätalouden käytännön kenttään. Toimintansa alusta 1.7.1918 alkaen vuoden 1929 loppuun laitos oli metsähallituksen valvonnan alainen. Professoreilla oli käytännön työtausta ja muukin henkilökunta oli ”maanläheistä”. Metsänhoitajatutkijoilla ja metsäteknikoilla oli koulutusvuosista alkaen kiinteät siteet käytännön metsätaloudessa palveleviin ammattitovereihin. Metsäalan miehitys oli nykyaikaan verrattuna suppea, ja tieto kulki paljolti keskustellen.

Metsäsektorin kasvaessa ovat myös etäisyydet kasvaneet. On metsäteollisuuden, metsähallinnon ja yksityismetsien ammattiväki ja on tutkimustyötä tekeviä. Ns. lievealoilla on paljon metsäalan koulutuksen saaneita. Toisaalta muut ovat valloittaneet osan perinteisesti metsäväelle kuuluneista työpaikoista. Tieto ei enää kulje yhtä helposti kuin ennen. Henkilökontaktit eivät riitä.

Metsäntutkimuksen hajauttaminen maakunnallisille tutkimusasemille on ollut tiedon tuottamisen ja levittämisen kannalta perustavaa laatua oleva oivallus. Ensimmäisenä aloitti toimintansa Parkanon tutkimusasema 1.6.1961 Pohjois-Satakunnan koeaseman nimisenä. Toisena syntyi Kolarin tutkimusasema 1.12.1964 Länsi-Lapin koeasemana Kolarin Teuravuomalle. Kolmas oli 19.8.1969 Pyhäkosken tutkimusasema, josta nimi muuttui Muhoksen tutkimusasemaksi 1.3.1980. Seuraavina olivat vuorossa Rovaniemen tutkimusasema 13.5.1970, Suonenjoen tutkimusasema 1.1.1981 (oli metsänviljelyn koeasemana vuodesta 1971), Joensuun

tutkimusasema 1.3.1981, Kannuksen tutkimusasema 3.5.1984 (oli energiametsätutkimuksen koeasemana 1979 alkaen) ja nuorimpana eli kahdeksantena Punkaharjun tutkimusasema 1.1.1988 (aloitti koeasemana jo v. 1965).

Tutkimusasemilla on perinteisen metsänhoidon tutkimuksen miehitys ollut yleensä vahva, ja siksi kontaktit käytäntöön ovat syntyneet nopeasti. Puhelinsoitot, satunnaiset tapaamiset, kirjeenvaihto, koekenttien etsintä ja perustaminen, järjestetyt kokoukset, esittelyt ja luennot ovat kaikki olleet reittejä, missä tieto on kulkenut eteenpäin. ”Rekisteriin” nämä eivät ole tulleet, eikä niitä näy tutkijoitten ansioluetteloissa.

2. Tutkimuspäivät

Näkyvin tapa tutkimustiedon välittämisessä on tutkimuspäivien järjestäminen. Joskus on todella pidetty ”päivät”, eli luentoja on riittänyt kahdelle päivälle, mutta jo pitkään on kokoonnuttu vain yhdeksi päiväksi. Tutkijat esittelevät silloin vasta valmistuneitten tutkimustensa tuloksia tai myös keskeneräisten töittensä välituloksia. Joskus esitellään vasta aloitettu työ, sen rakenne, tavoite ja hypoteesit. Alustusten jälkeen keskustellaan aiheen kiinnostavuudesta riippuen pitkään tai lyhyesti.

Vanhimpana tutkimuspäivien listalle sijoittuvat Rovaniemen tutkimusaseman järjestämät ”Alustus- ja keskustelupäivät” Hirvaalla 24.–25.2.1971. Sen jälkeen kokoontumispaikaksi on vakiintunut Rovaniemi, paitsi kerran on oltu Äkäslompolossa. Kolarin asema on jo pitkään ollut Rovaniemen aseman kanssa yhdessä ohjelmasta vastaavana.

Suonenjoki järjesti ensimmäisen tutkimuspäivänsä 8.10.1974. Kokoon-tumispaikka on ollut Suonenjoki ja kerran Siilinjärvi. Parkanon tutkimusasema aloitti tutkimustensa esittelyn 8.4.1976 Parkanossa. Siitä alkaen Parkano on kierrättänyt tutkimuspäiväänsä Porissa, Tampereella ja Seinäjoella (kerran Nurmossa). Joensuun asema aloitti tutkimuspäivien pitämisen 6.–7.10.1982 Joensuussa, missä sen jälkeenkin on kokoonnuttu lähes vuosittain. Kannuksen ensimmäinen tutkimuspäivä oli Kannuksessa 15.9.1983. Sen jälkeen on kokoonnuttu lähes joka vuosi eri puolilla toimialuetta. Punkaharju aloitti päivänsä sarjan metsänjalostuspäivän nimellä 18.4.1985. Kerran on kokoonnuttu Olavinlinnassa, muulloin Punkaharjulla. Myös Metsäntutkimuslaitoksen osastot ovat aloittaneet tutkimuspäivätradition. Kokoon-tumiset ovat olleet eteläisessä Suomessa.

Muhos piti ensimmäisen tutkimuspäivänsä tiedotuspäivän nimellä Muhoksella 1.3.1972. Näitä kokoontumisia oli muutamana vuonna ja niihin tuli lähinnä metsäorganisaatioiden johtoa eli metsänhoitajia. Sitten tapaa muutettiin: Muhos valitsi tiedonlevittämistavakseen alueellisen kokoontumisen, eli kierrämme eri puolilla toimialuettamme ja kutsumme koolle kaikki tietyn pitäjäröhmän ammattimiehet ja heidän esimiehensä Helsinkiä myöten. Ensimmäinen alueellinen tutkimuspäivä oli Kuusamossa 21.10.1975. Sen jälkeen tutkimuspäivä on ollut vuosittain paitsi v. 1979. Kolmena vuotena tutkimuspäivä on toistettu jollain toisella paikkakunnalla heti seuraavana päivänä. Nyt tämä Kuusamon päivä on järjestyksessä kahdeskymmenestoinen yleinen tiedonjakamistilaisuus.

Pääosa esitelmistä — joskus kaikkikin — ovat aseman omien tutkijöiden pitämiä. Joskus tulee mukaan naapuriasemien tai keskusyksikön tutkijoita, joilla on juuri silloin ajankohtaisia tuloksia. Joskus päivällä on suppea teema, ja silloin aseman oma väki voi jäädä esityslistassa vähemmistöksi. Yleensä aiheet ovat olleet puhtaasti metsätalouden aiheita, mutta joskus aihepiiri on laajentunut teollisuuteen tai metsäsektorin ulkopuolellekin metsäväkeä lähellä olevaan luonnon- ja maantieteeseen.

Tieto ei jää pelkästään kuulluksi. Esitysten tiivistelmät jaetaan joskus jo paikan päällä kaikille osallistujille. Jälkeenpäin tutkimuspäivän esitelmät viimeistellään ja koostetaan julkaisuksi, joka aikaisemmin ilmestyi tutkimusasemien omissa sarjoissa ja vuodesta 1981 alkaen Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjassa. Muhoksen aseman tutkimuspäivistä on 18 julkaisua, joista 5 aseman sarjassa (numerot 14, 15, 16, 17 ja 18) ja 13 laitoksen sarjassa (numerot 24, 70, 119, 158, 206 yhdessä Kannuksen kanssa, 255, 295, 327, 361, 387, 419, 464 ja 508). Kuusamon päivästä v. 1975 julkaisua ei laadittu. Yhteensä mainituissa 18 julkaisussa on 158 tutkimusraporttia.

Tutkimuspäiväinstituutio on kunnioitettava saavutus ja esimerkillinen valtion tutkimuslaitoksen toimintatapa tutkimustiedon viemiseksi juuri sinne, missä ohjataan perustuotantoa ja missä uusinta tietoa tarvitaan. Tutkimuspäivistä on kehittynyt vakaa järjestelmä, joka peittää koko maan. Metsäntutkimuslaitoksella on täysi oikeus olla ylpeä tästä järjestelmästä.

3. Uutta tietoa 25 vuoden ajan

Muhoksen tutkimusasema täytti 25 vuotta 19.8.1994, eli se on aloittanut toimintansa vuonna 1969. Ikää on yksi kolmannes tai neljännes yhdestä puusukupolvesta. Voiko sinä aikana saada lopullisia tuloksia. Vastaus on ”kyllä”, tosin varauksin, sillä metsätiedonkaan kestävyys ei ole taattua. Ulkopuolisten tekijöitten tai tavoitteiden muuttuessa voimme joutua tarkistamaan tietoamme ja muuttamaan sitä.

Metsäntutkimuksessa on esimerkiksi laboratoriossa tai kasvihuoneessa tehtäviä taimikokeita, joissa vastaus saadaan muutamassa viikossa. Toisaalta mm. Paljakan tutkimusalueessa on v. 1977 perustettuja vaarakuusikon harsintakokeita, joiden päättymisajaksi on merkitty vuosi 2020. Itse asiassa koe on silloinkin — 44 kasvukautta perustamisensa jälkeen — vasta alullaan. Ehkä kolminkertainen aikajänne tarvitaan tyydyttävän varmojen tulosten saamiseksi. Matkan varrella saadaan luonnollisesti jo paljonkin käyttöön sopivaa tietoa.

Muhoksen aseman järjestämien tutkimuspäivien ohjelmissa on joitakin aihealueita, jotka otetaan tarkasteltavaksi tuon tuostakin. Useimmin on ollut esillä metsänuudistaminen viljellen ja sen tulokset (21 kertaa). Soitten lannoittamisesta on puhuttu 17 kertaa, koivusta kymmenesti, uudistamisesta yleensä seitsemän kertaa ja korkeiden maiden metsien uudistamisesta neljästi. Näistä kaksi — lannoitus ja koivu — voivat olla vähitellen ohimeneviä aiheita tai enintään pieniä tarkistuksia tarvitsevia, mutta viljely ja yleensäkin uudistaminen lienee jatkuva aihe, jota ei saada valmiiksi koskaan.

Moni kenttämies on muutaman virkavuotensa jälkeen todennut, että ”jos uudelleen pääsisin koulun penkille, niin nyt tietäisin, mitä pitää oppia”. Tutkimuspäivät ovat tarkoitettuja juuri näille, joilla on metsässä eteen tulleita ongelmia ja kiistämätön tiedon tarve mutta myös tarpeeseen perustuvaa omaksumistahtoa. Päivän esitelmissä on tietysti paljon sellaista, mikä ”ei kuulu minulle”, mutta aina on jotakin, joka on tarpeellista. Myös näkemysten avartuminen on hyväksi. Viittaa esityksen alussa olevaan mottoon.

4. Muutokset metsässä ja metsäntutkimuksessa

Noin 15 vuotta sitten Suomen metsiin alkoi tulla uusi aika. Koivu nousi hyväksytyksi puulajiksi. Voimme puhua jopa metsänhoidon vallankumouksesta. Metsäalan oppilaitoksissa on aina opetettu tietämään koivun tarpeellisuus meidän metsäluonnossamme, mutta kenttämiehillä ei ole ollut oikeutta toteuttaa saamiaan oppeja käytännössä, koska koivua ei ole voinut suositella metsänomistajalle kasvatuspuuksi. Nyt metsänhoito on tässä mielessä terveellä pohjalla, sillä saadut opit voidaan soveltaa käytäntöön ja metsänhoidon kustannukset alenevat. Pahimmillekin ongelmapaikoille voidaan jo löytää tyydyttävä ratkaisu. Metsänhoidollinen tutkimus oli ennakoanut muutoksen, ja koivun kasvatuksen peruslinjat oli selvitetty. Tässä yhteydessä voidaan nimeltä mainita Muhoksen tutkimusaseman kolme tutkijaa: Jussi Saramäki, Matti Oikarinen ja Pentti Niemistö.

Toinen muutos, joka on aiheuttanut paljon hälyä, on ollut ilmansaasteiden lisääntyminen. Tämä oli tiedotukseen ja ihmisten mieliin tarttuva asia, johon tutkimuskin lähti vahvoin panostuksin mukaan. Näyttää siltä, että suuri kohu on ollut pääosaksi turhaa. Pelättyä metsäluonnon tuhoa ei tullutkaan. Myös Muhoksen tutkimusaseman tutkijat, ennen muuta Eero Kubin, Jarmo Poikolainen ja Harri Lippo ovat saaneet selvitettäväkseen osia tästä tutkimuksen aihepiiristä. Muhoksen tutkimusasema on ollut mukana sekä valtakunnallisissa että monissa alueellisissa metsien terveydentilaan liittyvissä projekteissa. Tutkimuksissa on saatu luotettavaa tietoa mm. raskasmetallien laskeumasta Suomessa bioindikaattorien avulla.

Kolmas Muhoksella paljon tutkittu aihe on suometsien lannoitus. Kalevi Karsisto 1970-luvulla ja hänen jälkeensä Mikko Moilanen ovat tehneet perustavaa laatua olevaa työtä. Lannoitusinnostuksen laannuttua lannoitusalat putosivat 1980-luvulla murto-osaan entisestä. Nyt alkaa todellisen tiedon vaikutusaika. Lannoitukset tulevat taas lisääntymään, mutta työ suunnataan tutkimuksen opastamalla tavalla: paino ei ole yksinomaan puun tuottamisessa, vaan metsien kunnon ylläpito ja vahvistaminen ovat yhtä tärkeä osa lannoitustyöstä.

Muhoksella tehdään myös sellaista ravinnetalouden tuntemusta lisäävää tutkimusta, joka ei juurikaan tule kenttäväen tietoon. Pekka Pietiläinen on kvalifioitunut puiden typpiaineenvaihdunnan arvostetuksi tuntijaksi. Viittaaan Metlan entisen metsänhoidon professorin Risto Sarvaksen sa-

noihin: ”Paras metsäntutkija voi lopultakin olla se, joka työskentelee valkoinen takki päällään laboratoriossa mikroskoopin ääressä ehtimättä paljonkaan metsään; hän voi olla kaksikymmentä vuotta edellä meitä muita”.

Omalta tutkimusalaltani mainitsen vaarametsien uudistamisongelmat. Niihin on tutkimusaseman toimiaikana saatu selvyyttä. Pääosalle vanhoja vaarakuusikoita voidaan antaa ohjeet, joiden mukaan uudistaminen onnistuu. Tässä yhteydessä voidaan mainita myös metsäauraukseen kohdistunut voimakas kritiikki, jonka takia metsähallitus on tehnyt päätöksen lopettaa auraukset toistaiseksi. Myös yhtiöiden metsissä lienee aurauksen loppunut. Yksityismailla ei näin jyrkkää päätöstä ole tehty, sillä vaaramailla taloudellinen metsänuudistaminen ei näytä mahdolliselta muutoksen. Mätästykseen siirtyminen nostaa kustannuksia kohtuuttomasti, ja lievät muokkaukset eivät riitä. Myös marjastusta ajatellen metsäaurauksia tulisi jatkaa ja jopa lisätä. Tämä olisi jokamiehenoikeuksia suosiva muutos. Viittaaan mm. Kuusamon runsaisiin hilla-, mustikka- ja puolukkasaatuihin nimenomaan aurausaloilla. Myös vadelman runsaus aurausaloilla on paikkakuntalaisille tuttua.

Metsänhoidossa tapahtuneita muutoksia on muitakin. 1960-luvulla etelässä pienessä mitassa alkanut mätästys yleistyi 1980-luvulla. Kulotus sammui 60-luvun jälkeen lähes kokonaan tullakseen taas muotiin viime vuosina ainakin jossakin määrin. Kylvön ja istutuksen rajaa haetaan kaiken aikaa ja samoin asetellaan paikalleen luontaisen uudistamisen ja viljelyn välirajaa. Rajan siirrot ovat eri vuosikymmeniä verrattaessa aika pitkiä. Paakkutaimet — turveruukku vuodesta 1962 alkaen, Nisulan rullataimi 1965 alkaen ja kennotaimet 1967 alkaen — ovat vallanneet paljasjuuritaimien käyttöalasta pääosan, ja myös niiden keskeinen paremmuusjärjestys — ei välttämättä biologinen vaan käytäntöön sopiva — on ratkennut. Myös muita paakkulajeja on tullut käyttöön.

Pintakasvillisuuden torjunta kemikaaleilla on metsänuudistamisessa lähes vakiintunut, ja tavat aletaan osata. Taimikon hoito on paikoin muuttunut entistä vaikeammaksi vesakontorjunta-aineitten käytön vähennytyä. Lentokonetta ja helikopteria ei enää torjunnassa käytetä. Taimikon hoito on muuttunut laatukasvatusta korostavaan suuntaan, vaikka edelleen ollaan saman ongelman edessä, mikä 35 vuotta sitten puettiin sanoiksi ”Meillä on pienpuuongelma; älkäämme siis kasvattako pienpuuta” (Osara). Mäntyjen karsiminen on tullut monen harrastukseksi, ja taloudellisen edullisuuden kyseenalaisuudesta huolimatta nuoria männi-

köitä on karsittu laajalti. Se on osoitus metsänomistajien aktiivisesta metsänhoitoharrastuksesta.

Suomen soiden ojitusrakka on lähes valmis. Viisi ja puoli miljoonaa hehtaaria on ojitettu ja lähes saman verran jää luonnontilaan. Jos ojittamattomat suot siirrettäisiin yhdeksi kaistaksi Helsingistä Utsjoelle, se olisi 40 km leveä suo. Ojittajat ovat siirtyneet uudisojituksista kunnostusojituksiin. Tienrakennus jatkuu hidastetulla aikataululla.

Myös muita muutoksia metsässä on tapahtunut. Ennen muuta metsäteknologian alalla muutokset ovat olleet suuret. Puutavaran mitta- ja laatuvaatimukset, hakkuutavat, kuljetus ja varastointi ovat nykyään erilaiset kuin ennen. Logistiikka ulottuu metsään asti. Muhokselle vahvistetut tutkimusalat ovat kuitenkin toisaalla, ne ovat vanhaa laajan metsänhoidon tieteenalaa. Meidän työmme voi kuitenkin antaa pohjaa metsäteknologeille.

Tutkimus itsessäänkin on muuttunut. Enää ei riitä se, että koealan puut mitataan viiden vuoden välein ja ilmoitetaan eri käsittelyjen välille syntyneet erot. Nyt on vastattava kysymykseen ”miksi eroja syntyy”. Tämän takia laboratorio on tullut keskeiseksi osaksi metsäntutkimusta. Muhoksen laboratorio on niin kotimaisissa kuin kansainvälisissä testeissä osoittautunut työn tarkkuudessa huipulla olevaksi. Laboratoriota johtaa Harri Lippo. Vastuu tutkittavaan ongelmaan annettavasta lopullisesta vastauksesta on luonnollisesti metsäntutkijalla, mutta laboratorion tuki oikean vastauksen muodostamisessa on usein välttämätön.

5. Keskustelun aika

Muutoksia on siis tapahtunut. Ne ovat joko tiedon lisääntymisen tai tavoitteiden muuttumisen synnyttämiä tai metsäänkin asti ulottuvan muodin vaihtelun aikaansaamia. Näiltä jälkimmäisiltä metsänhoito on itse asiassa melko hyvin suojassa. Metsien käsittelystä ja metsänhoidon menetelmistä käydään rajujakin keskusteluja ja jo kauan sitten kelpaamattomiksi todettuja tapoja ehdotetaan uusina metsänhoitoon otettaviksi. Esimerkiksi uudistusalan jättäminen raivaamatta ja hyvän uuden metsän odottaminen ilman mitään toimenpiteitä on yksi näistä luonnonmukaisuuden kaapuun puetuista toiveista. Niitä vastuullinen kenttäväki ei voi hyväksyä. Niiden eteneminen kilpistyy koetun tiedon ja ammattitaidon muuriin. Meidän hyvät talousmetsämme ovat nykyisellään paras vas-

taus kärkeviinkin keskustelutarjouksiin. Ne on oikealla metsänhoidolla rakennettu monipuolisiksi, vaihteleviksi ja terveiksi. Nykyään muotisanaksi nostettu biodiversiteetti toteutuu Suomen metsissä esimerkillisesti.

Vaikka juuri näinä viikkoina ja kuukausina ja nimenomaan täällä Kuusamossa normaalia metsätaloutta arvosteleva kritiikki on saanut ennennäkemättömät mittasuhteet, on edesspäin terveen metsänhoidon kauden jatkuminen. Sekä luonnon että ihmisten hyvinvoinnin takia meillä ei ole varaa muuttaa hyväksi todettua metsänhoitoamme. Ei edistyvää talouselämää voida päästää hunningolle keskeneräisten ajatusten ja vastuuta vailla olevien nuorten määrättäväksi. Metsäntutkimuksen, metsätalouden ja kansan hyvinvoinnin periaatteet ovat syntyneet pitkän kokemuksen tuloksena. Kokeneiden vastuunkantajien on aika huomauttaa näistä kumoamattomista periaatteista niin selkeästi, että myös metsäsektorin ulkopuolella olevat ja sitä vähemmän tuntevat päätösvaltaa kantavat viranomaiset ja poliitikot voivat tehdä koko talouselämän kannalta oikeita ratkaisuja. Vielä epäileville on metsäntutkimuksella annettavana käytännössä testattua tietoa oikeiden päätösten tueksi.

Koillis-Suomen, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun metsävarat VMI8:n mukaan

Erkki Tomppo

Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus,
Unioninkatu 40 A, 00170 HELSINKI

Pohjois-Suomen kolmen metsälautakunnan Koillis-Suomen, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun puuvarat ovat 336 milj. m³ ja kasvu 11,7 milj. m³. Lisäystä 10 vuoden takaisen 7. inventoinnin lukuihin on vastaavasti 14 ja 20 %. Puuston tilavuus on 5 % ja kasvu 49 % suurempi kuin 1950-luvun alussa. Alueen metsistä on poistunut 40 vuodessa puuta 320 miljoonaa kuutiometriä eli 1950-luvun alun varannon suuruinen määrä. Runkopuu on lisääntynyt 10 vuodessa 41 milj. m³, mistä mäntyä on 36 ja kuusta 1 milj. m³. Kokonaisuusala alueella on 7,14 miljoonaa hehtaaria, josta metsätalouden maata on 6,7 miljoonaa hehtaaria. Vuotuinen käyttöpuun hakkuukertymä voitaisiin nostaa kestävästi edellisten 10 vuoden keskimääräisestä 6,2 miljoonan kuutiometrin tasosta seuraavalla kymmenvuotiskaudella 8,7 miljoonaan kuutiometriin ja 2000-luvun toisella vuosikymmenellä 11,3 miljoonaan kuutiometriin. Tiedot perustuvat valtakunnan metsien 8. inventoinnin tuloksiin kolmen lautakunnan alueella. Maastotyöt tehtiin kesinä 1992 ja 1993. Koealoja mitattiin noin 16 000 kappaletta, joista viidesosa merkittiin pysyviksi uusintamittauksia varten. Tulokset laskettiin maastomittausten, satelliittikuvien ja numeeristen karttojen avulla. Uuden tekniikan avulla tulokset voitiin laskea myös kunnittain.

1. Johdanto

Maamme metsävaratiedot suuralueilla perustuvat valtakunnan metsien inventointeihin (VMI). Näistä tiedoista johdetaan koti- ja ulkomaiset metsätilastot, saadaan perusteet mm. metsätalouden suunnittelulle suuralueilla, metsäteollisuuden investointipäätöksille sekä vielä jonkin aikaa metsäverotukselle.

Ensimmäinen inventointi tehtiin vuosina 1921–24. Valtakunnan metsien kahdeksas inventointi aloitettiin 1986 Etelä-Karjalasta. Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Koillis-Suomen metsät inventointiin vuosina 1992–93. Koko kahdeksannen inventoinnin maastotyöt saatiin päätökseen keuhällä 1994.

Vanhimmat näiden kolmen metsälautakunnan alueille lasketut tulokset ovat vuodelta 1952. Tämä 40 vuoden aikasarja antaa hyvän kuvan metsälautakuntien metsien kehityksestä, koska puuntuotannon voimaperäistämisen, hakkuiden lisääminen ja maanparannustoiminta alkoivat 1950-luvulla.

Edellisen inventoinnin jälkeen sekä maastomittauksia että koko menetelmää on muutettu melko paljon. Aiempi maastomittauksiin perustuva menetelmä on täydennetty niin sanotuksi monilähteiseksi inventoinniksi.

Huomattavin muutos maastomittauksissa on pysyvien koalojen perustaminen varsinaisen inventoinnin yhteydessä. Näiden avulla pyritään tulevaisuudessa arvioimaan muutoksia, joita kertakoealoilla on vaikea havaita. Otosyksikkö on edelleen koalaryväs eli lohko. Mittaukset tehdään relaskooppikoealan puista. Koaloja mitattiin tarkastelualueella 17 800 kappaletta, joista metsätalousmaalle sattui 16 562 ja metsämaalle 12 491 kappaletta.

Vuonna 1989 alettiin Metsäntutkimuslaitoksen metsäinventoinnin tutkimussuunnalla kehittää inventoinnin järjestelmää, jossa tietolähteinä maastomittausten lisäksi ovat satelliittikuvat ja numeerisessa muodossa olevat kartat (Tomppo 1993). Tärkein tavoite oli saada metsävaratiedot aikaisempaa pienemmille alueille. Toiseksi tavoitteeksi asetettiin inventoinnin kierron nopeuttaminen. Menetelmä antaa mahdollisuuden laskea kaikki nykyisen inventoinnin mukaiset metsävaratiedot esimerkiksi kunnittain tai jotkut jopa metsätiloittain. Koko maan tiedot uudella tekniikalla valmistuvat vuoden 1996 alussa.

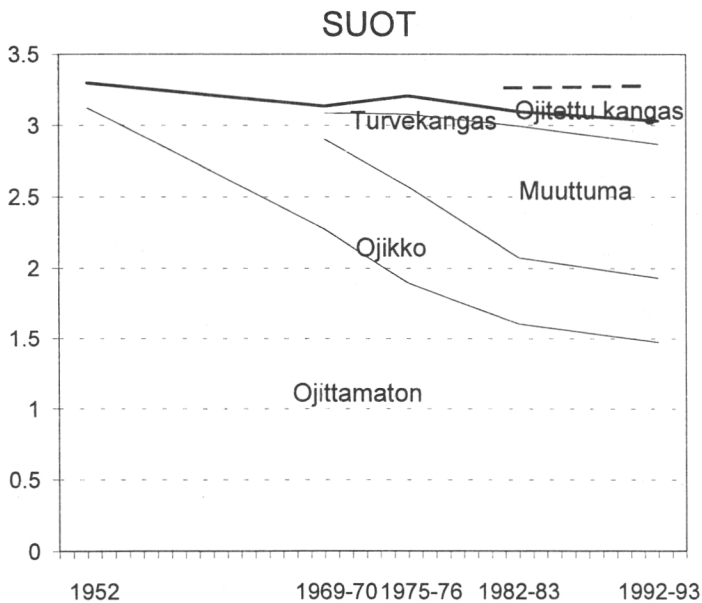
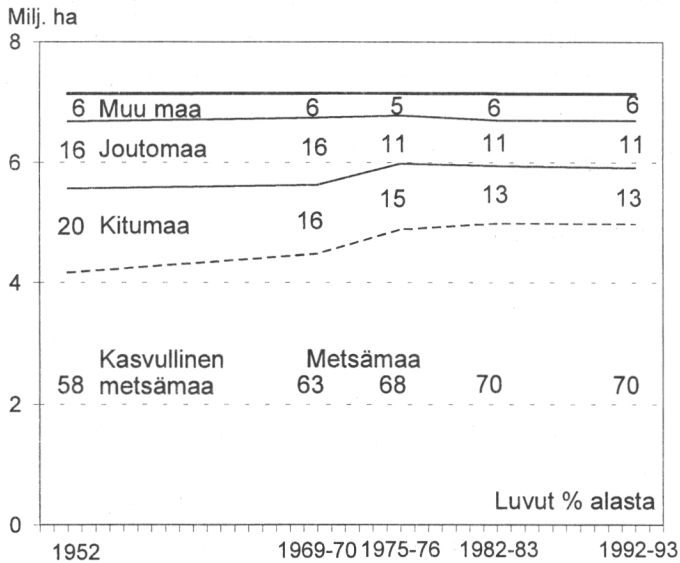
2. Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Koillis-Suomen metsät

Kainuuta ja Koillis-Suomea leimasivat 1950-luvun alussa vanhat ja harsintahakkuiden jäljiltä osittain harvapuustoiset metsät ja Pohjois-Pohjanmaata laajat puuttomat ja vähäpuustoiset suot. Voimaperäinen metsien uudistaminen ja laaja soiden ojitus alkoi 1960-luvulla ja jatkui 1980-luvun alkuun. Samalla uudistettiin vanhoja kasvunsa lopettaneita metsiä. Uuden metsämaan syntymisen ja metsien uudistamisen seurauksena nuorten ja nopeaan kasvuvaiheeseen tulossa olevien männiköiden määrä on nyt suuri. Sen seurauksena erityisesti puuston kasvu on noussut 1950-luvun alusta ja on nyt 49 % suurempi kuin silloinen kasvu. Myös runkotiilavuus ylittää 1950-luvun alun tiilavuuden.

2.1 Maaluokat

Tarkasteltavien kolmen lautakunnan kokonaismaa-ala on 7,14 miljoonaa hehtaaria, josta metsätalouden maata on 6,7 miljoonaa hehtaaria, siis

neljäsosa koko maan metsätalouden maasta (kuva 1). Metsämaata on 4,98 milj. hehtaaria, mikä on 0,8 milj. hehtaaria enemmän kuin 1950-luvun alun kasvullista metsämaata. Lisäys on saatu aikaan soiden ojituksella. Joutomaan ala on pienentynyt 1950-luvun alun 1,13 milj. hehtaarista 0,79 milj. hehtaariin.



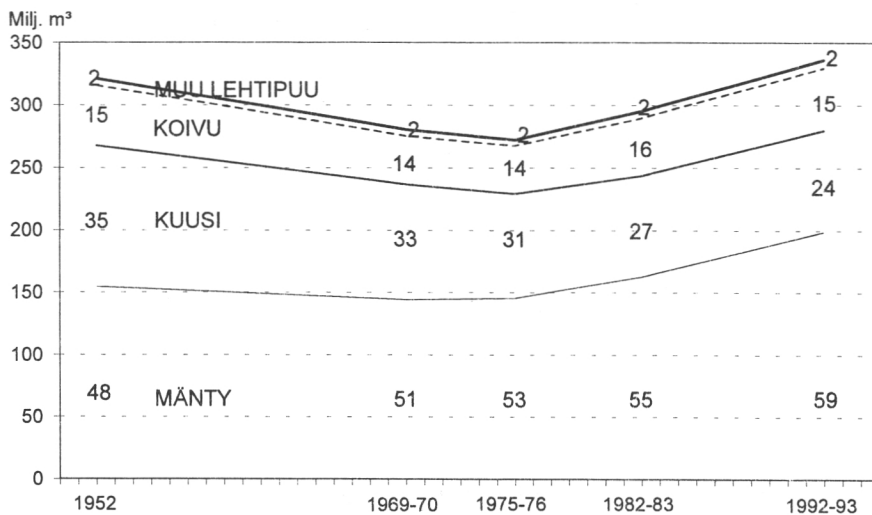
Kuva 1. a) Maaluokkien osuuksien kehitys 1952–93 valtakunnan metsien inventointien mukaan. b) Soiden ojitustilanteen kehitys 1952–93 valtakunnan metsien inventointien mukaan.

Kun suojelualueet ja joutomaat rajataan pois, jää puuntuotannon piiriin kuuluvaa maata 5,33 miljoonaa hehtaaria. Yksityiset henkilöt omistavat metsätalouden maasta 47 %, valtio 40 % sekä yhteisöt ja yhtiöt loput.

Soiden kokonaisala on 3,03 miljoonaa hehtaaria, mistä ojitettua on 1,56 miljoonaa hehtaaria. Soiden uudisojitukset on tehty lähes kokonaan 1950-luvun alun ja 1980-luvun alun välissä (kuva 1). Ojitusten tarkoitus on muuttaa suot vähitellen muuttumavaiheen kautta turvekankaiksi. Pohjois-Suomen kylmässä ja kosteahkossa ilmassa tämä vie pitemmän ajan kuin etelässä. Muuttumavaiheeseen kuivatus on edennyt 0,94 milj. hehtaarilla ja turvekangasasteelle 160 000 hehtaarilla.

2.2 Puuston runkotilavuus

Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Koillis-Suomen puuvarat olivat 1950-luvun alussa 321 milj. kuutiometriä. Voimakkaat uudistushakkuut pienensivät varantoa erityisesti Kainuussa ja Koillis-Suomessa 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa. Varanto oli pienimmillään 272 milj. kuutiometriä 6. inventoinnissa, 1970-luvun puolella välissä. Kahdeksannen inventoinnin mukaan varanto on 336 milj. kuutiometriä (kuva 2). Lisäystä 10 vuoden takaisen 7. inventoinnin lukuun on 14 % ja 1950-luvun alun kolmannen inventoinnin varantoon nähden 5 %. Puuston keskitilavuus metsämaalla on Kainuussa 71, Pohjois-Pohjanmaalla 70, Koillis-Suomessa 54 ja koko alueella 65 kuutiometriä hehtaarilla (taulukko 1).



Kuva 2. Puuston runkotilavuuden kehitys 1952–93 valtakunnan metsien inventointien mukaan.

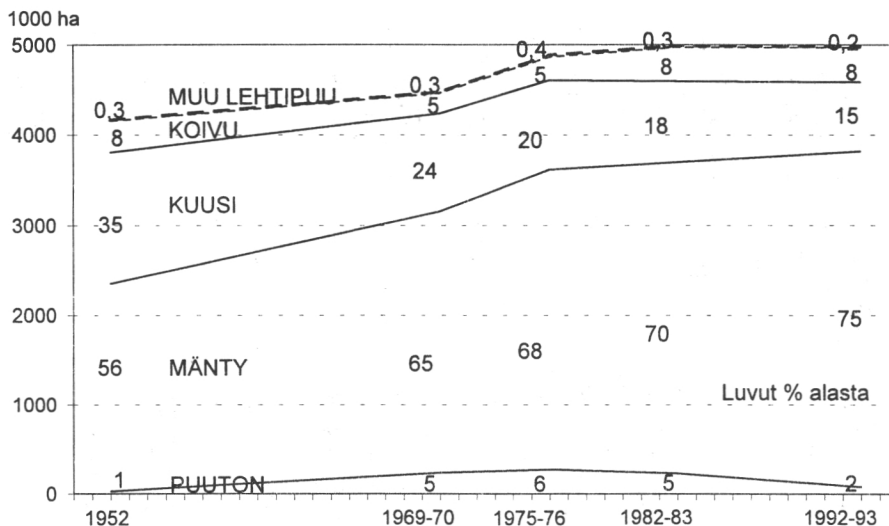
Männyn osuus puuvarannosta on noussut 1950-luvun alun 48 %:sta 59 %:iin ja kuusen laskenut 35 %:sta 24 %:iin. Lehtipuiden suhteellinen osuus on pysynyt lähes samana 16–17 prosenttina koko 40 vuoden ajan.

Taulukko 1. Metsä- ja kitumaan pinta-alat ja puusto kolmen metsälautakunnan alueella valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin mukaan.

Metsälautakunta-alue	Pinta-alat		Tilavuus		Keskitilavuus	
	Metsä- maa Milj. ha	Metsä- ja kitumaa Milj. ha	Metsä- maa Milj. m ³	Metsä- ja kitumaa Milj. m ³	Metsä- maa Milj. m ³	Metsä- ja kitumaa Milj. m ³
Kainuu	1,66	1,89	117,69	120,50	70,74	63,86
Pohjois-Pohjanmaa	1,58	1,85	110,35	114,40	70,07	61,91
Koillis-Suomi	1,74	2,18	93,73	101,21	53,92	46,50
Yhteensä	4,98	5,91	321,77	336,11	64,65	56,86

2.3 Puulajivaltaisuus

Metsien uudistaminen männylle on muuttanut vallitsevien puulajien pinta-alasuhteita voimakkaasti. Mänty on pääpuulajina 75 %:lla metsämaan pinta-alasta ja kuusi 15 %:lla, kun 40 vuotta sitten vastaavat osuudet olivat 56 ja 35 % (kuva 3). Ikä- ja kehitysluokittainen tarkastelu osoittaa, että nuorten kuusivaltaisten metsien pinta-ala on alkanut hitaasti lisääntyä eli kuusi on palaamassa ainakin rehevimmille kasvupaikoille. Puutoman uudistusalan osuus kasvoi metsien uudistamisen myötä 3. inventoinnin yhdestä prosentista korkeimmillaan kuuteen prosenttiin 1970-luvun puolessa välissä. Sen osuus on pienentynyt nopeasti 10 vuodessa, viidestä prosentista 1,5 prosenttiin.



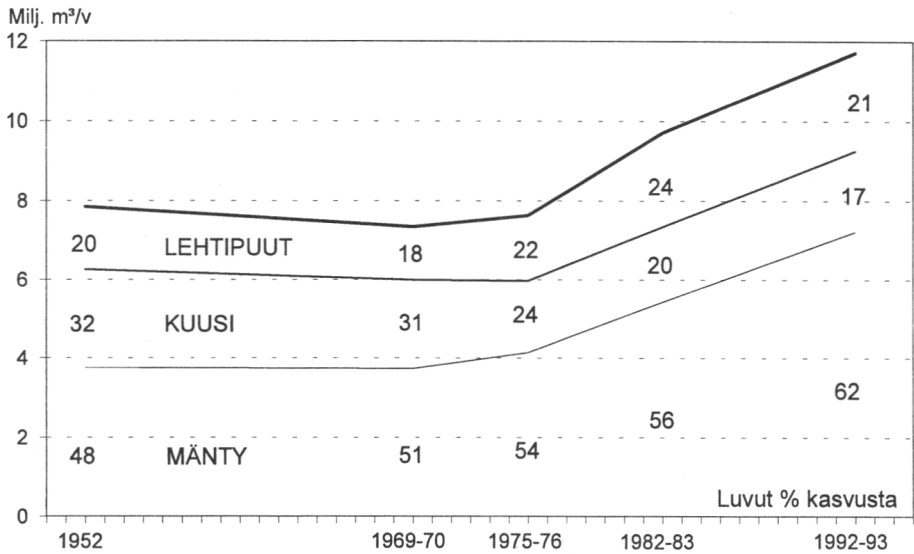
Kuva 3. Puulajivaltaisuuden kehitys 1952–93 valtakunnan metsien inventointien mukaan.

2.4 Puuston kasvu ja poistuma

Myös puuston kasvu pieni jonkin verran metsien uudistamisvaiheessa 1960-luvulla, mutta lähti lievään nousuun jo 1970-luvun alussa (kuva 4). Puuston vuotuinen keskikasvu mittaajaksolla eli inventointia edeltäneenä viitenä vuotena oli 11,7 miljoonaa kuutiometriä kuorellista runkopuuta, kun se 10 vuotta aikaisemmin oli 9,71 ja 40 vuotta sitten 7,84 miljoonaa kuutiometriä. Lisäystä 10 vuodessa on siis 20 prosenttia ja 40 vuodessa 49 prosenttia.

Viimeisen 10 vuoden kasvunlisäys on lähes kokonaan mäntyä, kun taas 40 vuoden aikana myös lehtipuiden kasvu on noussut. Männyn kasvu on lisääntynyt 10 vuodessa 5,43 miljoonasta kuutiometrillä 7,22 miljoonaan kuutiometriin eli 33 %.

Hehtaariohtainen metsä- ja kitumaan keskikasvu on noussut 40 vuoden takaisesta 1,41 kuutiometrillä ja 10 vuoden takaisesta 1,63 kuutiometrillä 1,98 kuutiometriin. Kainuun keskikasvu on 2,34, Pohjois-Pohjanmaan 2,47 ja Koillis-Suomen 1,26 kuutiometriä hehtaarilla. Kasvutekijöiden vaihtelu myös lautakuntien sisällä on voimakasta. Suurimmat keskikasvat metsämaalla ovat eteläosien kunnissa, kuten Pyhäjoella, Merijärvellä, Oulaisissa, Haapavedellä, Pulkkilassa, Piippolassa, Raahessa ja Vuolijoenla, missä se on 3,5–3,6 kuutiometriä hehtaarilla.



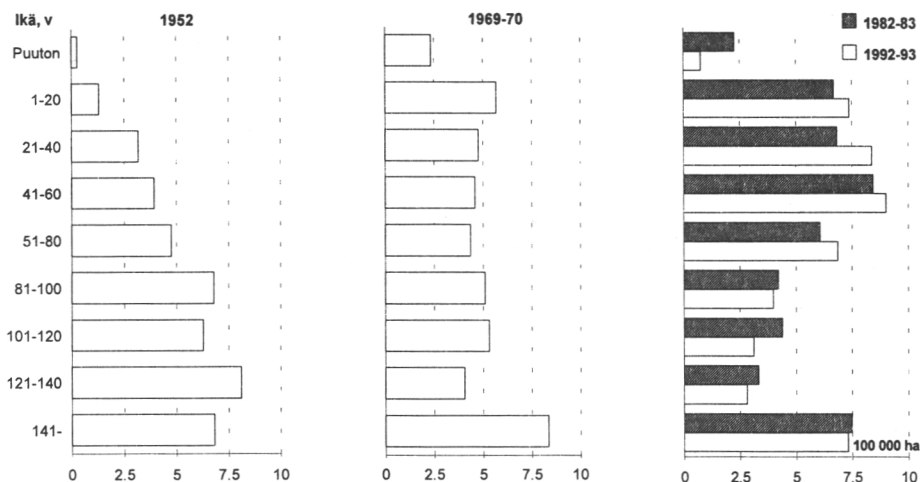
Kuva 4. Puuston kasvun kehitys 1952–93 valtakunnan metsien inventointien mukaan.

Alueen metsistä on poistunut 40 vuodessa puuta 320 miljoonaa kuutiometriä eli 1950-luvun alun varannon suuruinen määrä. Puuston poistuma ylitti kasvun Kainuussa ja Koillis-Suomessa pitkän ajan 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa. Sen sijaan Pohjois-Pohjanmaalla kasvu ja poistuma olivat tasapainossa 1950-luvun alusta aina 1970-luvun alkuun. Kokonaispoistuma ylitti kasvun vain lyhyen ajan 1950-luvulla ja 1970-luvun alussa. Koko alueen kasvun lähdettyä nousuun 1970-luvulla jäi poistuma entiselle tasolle ja jopa alitti 1970-luvulla 1950- ja 1960-lukujen tason.

2.5 Metsien ikäjakauma

Puuntuotannon kannalta on edullisin metsien ikärakenne, jossa eri ikäluokkia on yhtäsuuret pinta-alat. Vanhojen metsien osuus erityisesti Koillis-Suomessa oli suuri 1950-luvun alussa; yli 140-vuotiaita metsiä oli puolet pinta-alasta. Koko alueella niiden määrä oli 680 000 hehtaaria eli 16 prosenttia metsämaan pinta-alasta (kuva 5).

Ikäjakauma oli painottunut muutoinkin yli 100-vuotiaisiin metsiin. Metsien uudistaminen ei kohdistunut kaikilla alueilla vanhimpiin osiin. Seurauksena on ollut puuntuotannollisessa mielessä yli-ikäisten metsien jatkuvasti suuri määrä. Tällä hetkellä yli 140-vuotiaita metsiä on jonkin



Kuva 5. Metsien ikäluokkajakumat 3:nessä, 5:nessä, 7:nessä ja 8:nessä valtakunnan metsien inventoinnissa.

verran enemmän kuin 1950-luvun alussa eli 750 000 hehtaaria. Ikäluokkien 80–140 vuotta pinta-alat ovat kuitenkin pienentyneet ja luokkien 1–60 vuotta pinta-alat kasvaneet. Ikäjakauman tasoittuminen näyttää vaativan vielä pitkän ajan.

2.6 Metsien laatu

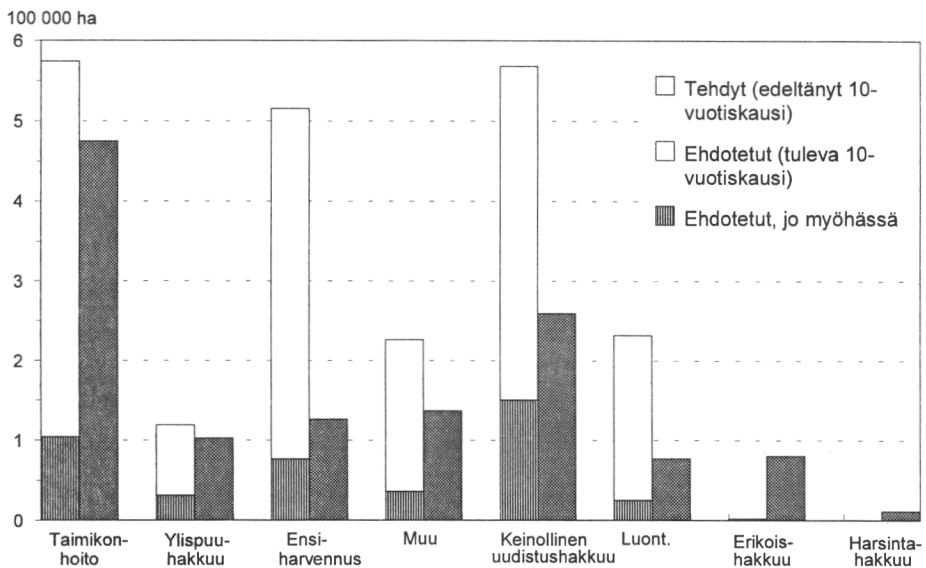
Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla metsistä 70 % ja Koillis-Suomessa 50 % luokiteltiin metsänhoidollisen tilan suhteen laadultaan hyväksi tai tyydyttäväksi. Vajaatuottoisiksi luokiteltiin vastaavasti 11 ja 24 %. Yleisin vajaatuottoisuuden syy oli puuston yli-ikäisyys seurauksena kasvun tyrehtyminen. Koillis-Suomessa vajaatuottoisten metsien määrää nostavat laajat suojelupinta-alat.

2.7 Tehdyt toimenpiteet ja toimenpidetarve

Kainuussa ja Koillis-Suomessa uudistettiin metsiä runsaasti 1960- ja 1970-luvuilla, kun taas Pohjois-Pohjanmaalla uutta metsää syntyi soiden ojituksella. Uusien metsien perustaminen näkyy sekä tehdyissä toimenpiteissä että erityisesti toimenpidetarpeissa. Taimikon hoitoa tai perkausta tulisi tehdä seuraavalla kymmenvuotiskaudella 570 000 hehtaarilla ja ensiharvennuksia 520 000 hehtaarilla. Jälkimmäinen on nelinkertainen edellisellä kymmenvuotiskaudella tehtyyn määrään verrattuna. Myöhäs-

sä olevia ensiharvennuksia eli sellaisia, joissa tuotos on jo ylitiheyden vuoksi kärsinyt on 76 000 hehtaaria. Uudistushakkuita voitaisiin tehdä metsänhoidollisin perustein 780 000 hehtaarilla. Näistä myöhässä olevia on 175 000 hehtaaria (kuva 6).

Viimeisten kymmenen vuoden aikana ojituksia on tehty Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla 260 000 suo- ja 46 000 kangasmaahehtaarilla. Vastaavat luvut Koillis-Suomessa ovat 27 000 ja 6 000 hehtaaria. Kunnostusta, täydennystä tai kokonaan ojien uusimista tarvittaisiin Pohjanmaalla ja Kainuussa 510 000 hehtaarin ojitusalalla.



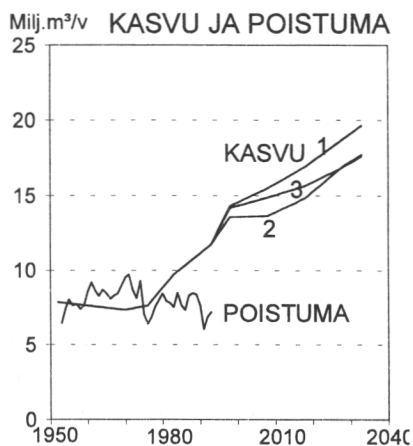
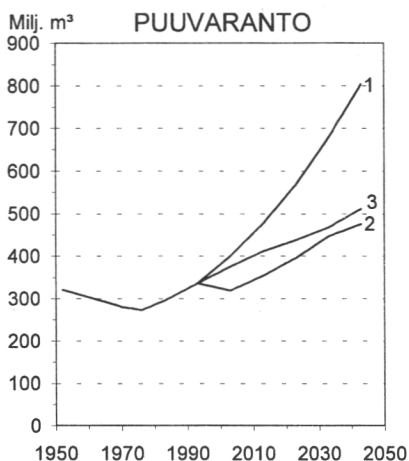
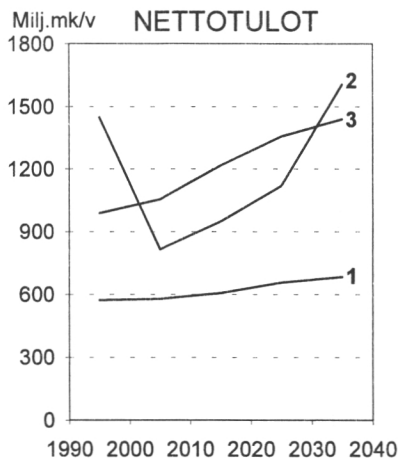
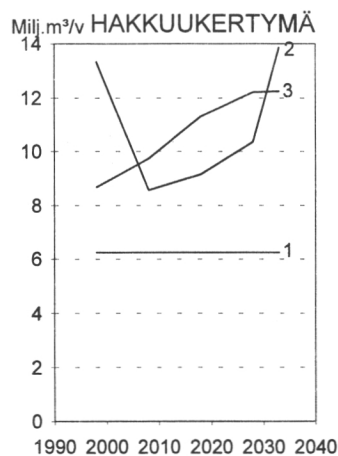
Kuva 6. Tehdyt ja ehdotetut toimenpiteet VMI8:ssa.

3. Hakkuumahdollisuudet

Valtakunnan metsien inventointiin kuuluu metsävaratietojen selvittämisen ohella myös tulevien hakkuumahdollisuuksien arviointi. Hakkuumahdollisuudet on laskettu Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä numeeriseen simulointiin ja lineaariseen optimointiin perustuvalla metsälaskelmamallilla MELAlla, jonka ylläpidosta ja kehittämisestä huolehtii "Metsätalouden suunnittelun" -hanke erikoistutkija Markku Siitosen johdolla. Hakkuumahdollisuuksia koskevat laskelmat perustuvat inventoinnissa kerättyihin metsävaratietoihin, niiden ennustettuun kehitykseen, metsille asetettuihin tulostavoitteisiin ja mahdollisiin toimenpiderajoituksiin.

Laskelmissa on oletettu, että puuntuotannossa oleva maa säilyy nykyisellään ja metsiä hoidetaan jatkossakin viime vuosikymmeninä noudatettun käytännön mukaisesti. Puuston kasvun on oletettu pysyvän mitatulla tasolla, ts. kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu.

Vuotuinen käyttöpuun hakkuukertymä voitaisiin nostaa kestävästi edellisten 10 vuoden keskimääräisestä 6,2 miljoonan kuutiometrin tasosta seuraavalla kymmenvuotiskaudella 8,7 miljoonaan kuutiometriin ja 2000-luvun toisella vuosikymmenellä 11,3 miljoonaan kuutiometriin (Hirvelä ja Salminen 1994). Tästä 8,7 miljoonan kuutiometrin hakkuukertymästä



Kuva 7. Kolme hakkuuvaihtoehtoa, niitä vastaavat nettotulot sekä ennustetut puuston runkotilavuuden ja kasvun kehitykset 1995–2030. (lähde Hirvelä ja Salminen 1994). 1 = 1984–93 toteutuneen suuruisen hakkuumäärä. 2 = metsänhoitosuosituksen mukaan hakattavissa oleva puumäärä. 3 = suurimman kestäväen hakkuumäärän arvio.

mäntyä on 59 %, kuusta 27 % ja lehtipuita loput 14 % ja se vastaa 10,2 miljoonan kuutiometrin kokonaispoistumaa. Kertymästä yli puolet, 4,8 miljoonaa kuutiometriä, on kuitupuuta. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan osuus kertymästä on 6,6 miljoonaa kuutiometriä. Neljänkymmenen vuoden kuluessa hakkuukertymä on mahdollista nostaa kestävyys huomioiden 12,2 miljoonaan kuutiometriin ja kokonaispoistuma 13,8 miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Puuston runkotilavuus nousisi tällä ohjelmalla samaan aikaan koko metsätalouden maalla (suojelualueet mukaan lukien) 336 miljoonasta kuutiometrillä 470 miljoonaan kuutiometriin ja vuotuinen kasvun arvio 17 miljoonaan kuutiometriin. Mikäli alueen hakkuumäärät pysyvät tulevana vuosikymmeninä vuosien 1984–93 keskimääräisellä 6,2 miljoonan kuutiometrin tasolla, puuston tilavuus nousee seuraavien 40 vuoden aikana 680 miljoonaan ja kasvu 19 miljoonaan kuutiometriin (kuva 7).

4. Lopuksi

Kainuun ja Koillis-Suomen metsiä leimasivat 1950-luvun alussa vanhat ja harsintahakkuiden jäljiltä osittain harvapuustoiset metsät. Pohjois-Pohjanmaan metsien kuvaa hallitsivat taas laajat, puuttomat tai vähäpuustoiset suot. Tervanpolton vaikutus metsiin oli vielä nähtävissä ja harsintahakkuista oltiin vasta pääsemässä eroon. Määrätietoisella maanparannustoiminnalla on lisätty puuntuotantoon kelvollisen metsätalouden pinta-alaa ja parannettu puuston kasvuedellytyksiä. Samalla vajaa-tuottoisia ja harvapuustoisia vanhoja metsiä on uudistettu.

Uudet metsät ovat saavuttaneet kasvatusmetsien vaiheen ja sen seurauksena on ollut sekä runkotilavuuden että kasvun nopea ja suuri lisäys. Kasvun ja tilavuuden lisäyksen ennustetaan jatkuvan. Puuntuotannon kannalta lähitulevaisuuden suuria haasteita ovat kasvatushakkuista huolehtiminen ja ojitettujen soiden vesitalouden kunnossapitäminen.

Kirjallisuus

Tomppo, E. 1993. Multi-Source National Forest Inventory of Finland. Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories. Finland 17-21 August, 1992. IUFRO S4.02. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 444. s. 52–60.

Hirvelä, H. ja Salminen, O. 1994. Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Koillis-Suomen metsälautakuntien hakkuumahdollisuudet. Käsikirjoitus.

Männyn siemenpuiden poiston ajankohta

Eero Kubin

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema
Kirkkosarentie 7, 91500 MUHOS

Männyn luontaisen uudistamisen nopeutta tutkittiin Kuhmossa sijaitsevalla koekentällä vuosina 1986–94. Hakkuu siemenpuuasentoon tehtiin 1984, maanmuokkaus äestäen 1985 ja kokeen perustaminen 1986. Siemenpuita seisotettiin 1, 2, 4 ja 8 vuotta. Koealueen kasvupaikkatyyppi on kuivahkoa kangasta. Taimettumista äestysvaossa seurattiin vuosittain. Ympyräkoelainventointi tehtiin kokeen päättyessä 1994.

Siemenpuiden pitkä seisottaminen ei lisännyt taimilukumäärää, vaan erinomaiseen tulokseen päästiin jo yhden vuoden siemensadolla. Seisottaminen puolestaan alensi männyn ja koivun taimien pituuskasvua, männyllä erityisesti neljän ja kahdeksan vuoden välillä. Yli 95 % männyn taimista oli äestysvaossa. Männyn luontainen uudistaminen kokeen olosuhteissa onnistuu siten yhdessä vuodessa. Edellytyksenä on kuitenkin kivennäismaan paljastava maanmuokkaus ja riittävän hyvä siemensato heti seuraavana keväänä.

1. Johdanto

Kiinnostus metsien luontaiseen uudistamiseen on vaihdellut huomattavasti riippuen niin metsien käsittelytavoissa vallinneista suuntauksista kuin tutkimustiedon karttumisesta (Leikola 1986, 1987). Uusimmissa metsänhoitosuosituksissa (Luonnonläheinen ... 1994) suositellaan aikaisempien ohjeiden tapaan metsänviljelyn käyttöä vasta sen jälkeen, kun luontaisen uudistamisen edellytyksiä ei ole tai ne ovat epävarmat. Männyn luontaisessa uudistamisessa jätetään ohjeen mukaan siemenpuita 50–150 joko pieninä ryhminä tai nauhamuodostelmina, haittaava puusto raivataan ja maa muokataan joko äestäen tai laikuttaen. Siemenpuiden poisto suositellaan tehtäväksi siinä vaiheessa, kun taimiainesta on riittävästi. Suositus ei ota kantaa siihen, miten monta vuotta siemenpuita seisotetaan ja minkä ikäinen taimiainekatsotaan riittäväksi. Sen sijaan suositellaan maisema- ja luonnonhoitonäkökohdat huomioon ottaen siemenpuiden jättämistä kasvamaan yksittäin tai ryhminä.

Siemenpuiden lukumäärä on vaihdellut käytännössä varsin laajasti. Määrittellessään erilaisia uudistamisasentoja tiheyden ja puiden välisen etäisyyden perusteella, jotka muutoin pääpiirtein ovat edelleenkin käytössä, ehdotti Mikola (1956) harvan siemenpuuasennon runkoluvuksi 10–50 kpl/ha ja tiheän vastaavasti 50–100 kpl/ha. Vastaavasti Heikinheimo

(1948) on esittänyt puiden laadusta ja metsätyypistä riippuen lukumääräksi 25–75 kpl/ha. Suositus jopa 150 siemenpuun jättämisestä on suurehko, koska jo yli 60 rungon tiheydellä on taimien pituuskasvua haittaava vaikutus, varsinkin jos siemenpuut seisovat pitkään (Valtanen 1972, 1984). Norokorven (1983) mukaan mitä enemmän siemenpuita jätetään, sitä nopeammin ne on poistettava. Myös Niemistö ym. (1993) ja Skoklefeld (1995) ovat havainneet männyn taimien pituuskasvun heikkenevän selvästi, mitä pitempään siemenpuut seisovat ja mitä lähempänä siemenpuita taimet sijaitsevat.

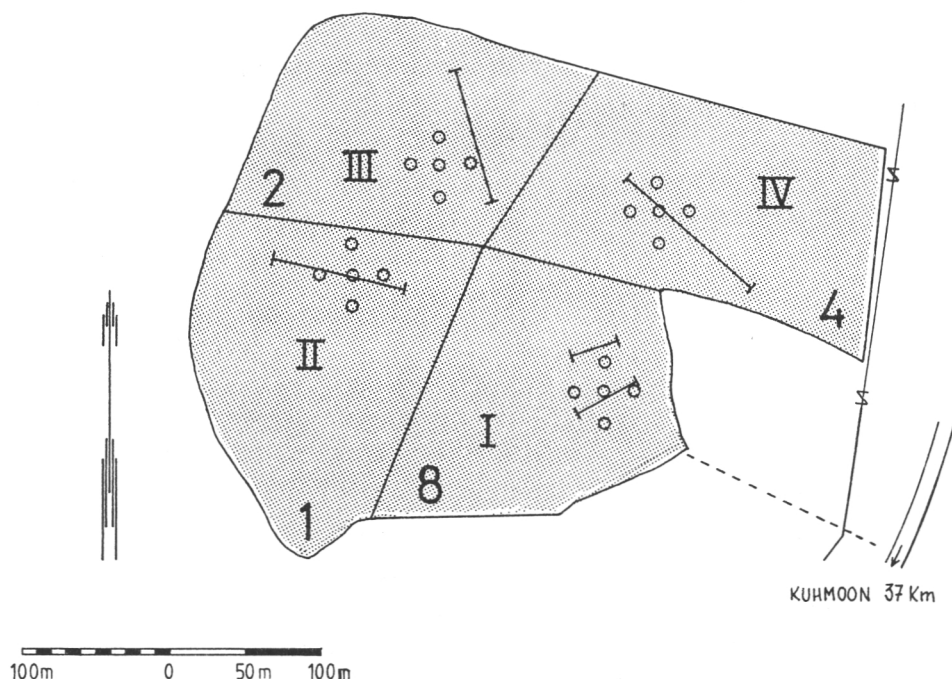
Maanmuokkauksen merkitystä eli käytännössä humuskerroksen rikkomista taimettumisen edistämiseksi korostettiin jo 1930-luvulla (Terti 1934, Heikinheimo 1940, Sirén 1948) ja uudemmissa tutkimuksissa maanmuokkauksen on todettu nopeuttavan taimettumista huomattavasti (Valtanen 1984, 1985, Norokorpi 1981, 1983). Toisaalta siemenpuiden seisottamisen yli 5–6 vuotta muokkauksesta on havaittu vaikuttavan taimikon kehitystä heikentävästi ja pitempään kuin 10 vuotta jatkunut seisottaminen johtaa aukkoisuuteen nimenomaan siemenpuiden kohdalla (Valtanen 1984).

Monet tutkimustulokset viittaavat siihen, että mäntysiemenpuiden pitkä seisottaminen on haitallista taimikon kehittymiselle. Sensijaan järjestetyistä kenttäkokeista mitattu tutkimustieto siitä, kuinka nopeasti siemenpuut voidaan poistaa, on ollut puutteellisesti tutkittu. Esillä oleva tutkimus mäntysiemenpuiden nopeasta poistamisesta sai alkunsa käytännön toiminnasta. Metsähallituksen Kuhmon hoitoalueessa oli saatu kokemusta siitä, että männyn uudistaminen onnistui hyvin, jos maa muokattiin äestämällä ja siemenpuut poistettiin jo 1–2 vuoden kuluttua siemenpuuhakuusta. Koska näin nopeasta siemenpuiden korjuusta ei ollut tutkimustuloksia, asian selvittämiseksi perustettiin vuosina 1985–86 neljä kenttäkoetta. Tässä raportissa esitetään tuloksia yhdeltä Kuhmossa sijaitsevalta koekentältä.

2. Aineisto ja menetelmät

Koekenttä (kuva 1) perustettiin 1986 Kajaani Oy:n (myöhemmin Yhtyneet Paperitehtaat Oy) Lehtoniemen tilalle Kuhmoon. Kasvupaikkatyypiksi on kuivahkoa kangasta (EVT). Uudistusala jaettiin neljään lohkokoon, joiden siemenpuiden poistojärjestys arvottiin. Kukin lohko oli kooltaan 2,5–3,0 ha ja siemenpuiden lukumäärät vaihtelivat 26–42 kpl/ha.

Siemenpuita seisotettiin 1, 2, 4 ja 8 vuotta. Taimettumista seurattiin samoilta inventointilinjoilta vuosittain kaksi kertaa vuodessa: keväällä ja syksyllä. Kokeen viimeinen inventointi tehtiin 7.–10.6.1994, jolloin tarkastettiin vuosittaiset inventointilinjat sekä perustettiin jokaista siemenpuiden poistoajankohtaa edustavalle alalle viisi systemaattisesti sijoitettua aarin ympyräkoealaa. Näiltä laskettiin taimien lukumäärä puulajeittain ja mitattiin pituudet. Tässä raportissa esitellään nämä tulokset. Aineiston tilastollinen käsittely tehtiin varianssianalyysillä.

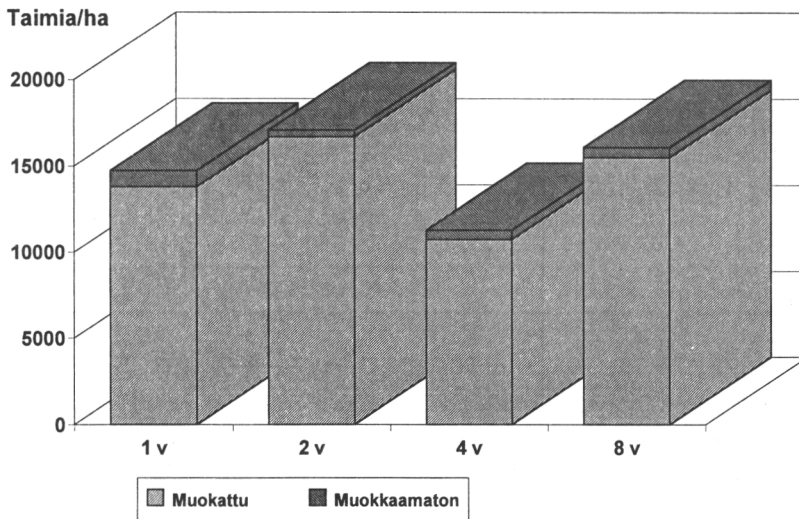


*Kuva 1. Lehtoniemen koekenttä Kuhmossa. Hakkuu männyn siemenpuu-
asentoon 1984, äestys syksyllä 1985 ja kokeen perustaminen 1986.
○ = ympyräkoealan sijainti. Vuosittainen taimien laskenta on tehty
janoilla merkityistä paikoista. Siemenpuut ovat olleet pystyssä 1 (II),
2 (III), 4 (IV) ja 8 (I) vuotta.*

3. Tulokset

3.1 Taimien lukumäärä

Männyn taimia oli heti ensimmäisen vuoden jälkeen lähes 15 000 kpl/ha eikä 8 vuotta jatkunut siemenpuiden pystyssä pitäminen lisännyt olennaisesti taimimäärää (kuva 2, taulukko 1). Yli 90 % taimista oli muokatussa maassa (taulukko 2). Kuusen taimia oli 260–320 kpl/ha, ja ne kasvoivat pääosin muokkaamattomassa maassa (taulukko 2). Suurin osa niistä oli syntynyt jo ennen hakkuuta.



Kuva 2. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus männyntaimien lukumäärään.

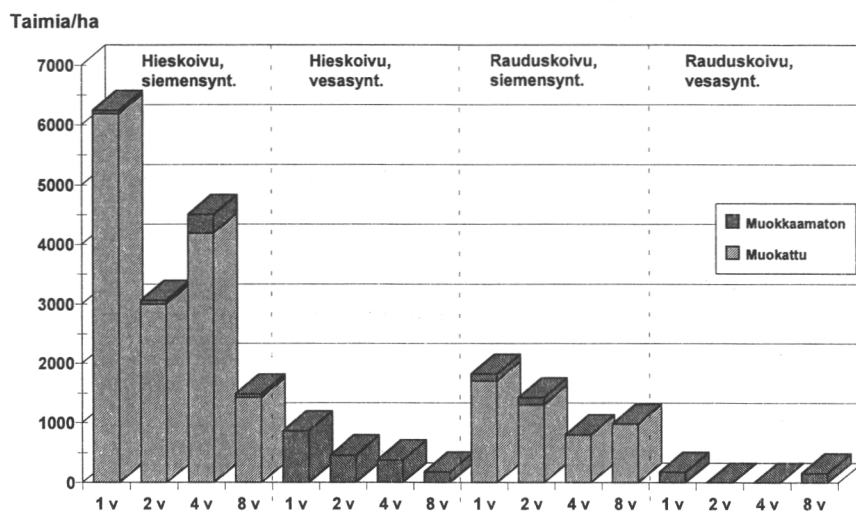
Taulukko 1. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus männyn ja muiden puulajien taimien lukumäärään hehtaarilla. p = tilastollinen merkitsevyys.

Puulaji	1 v	2 v	4 v	8 v	p
Mänty	14 740	17 080	11 280	16 080	0,31
Kuusi	260	320	340	320	0,94
Hieskoivu, siemensynt.	6 240	3 060	4 500	1 480	0,06
Hieskoivu, vesasynt.	860	460	380	180	0,18
Rauduskoivu, siemensynt.	1 820	1 420	800	960	0,37
Rauduskoivu, vesasynt.	180	0	0	160	-

Taulukko 2. Äestysvaossa olevat taimet prosentteina kaikista taimista puulajeittain.

Puulaji	1 v	2 v	4 v	8 v
Mänty	93,5	97,7	95,2	96,4
Kuusi	23,0	0,0	0,0	37,5
Hieskoivu, siemensynt.	99,0	98,0	92,9	96,0
Hieskoivu, vesasynt.	0,0	0,0	0,0	0,0
Rauduskoivu, siemensynt.	93,4	91,6	100,0	100,0
Rauduskoivu, vesasynt.	0,0	-	-	0,0
Pihlaja ja paju	58,6	0,0	0,0	0,0

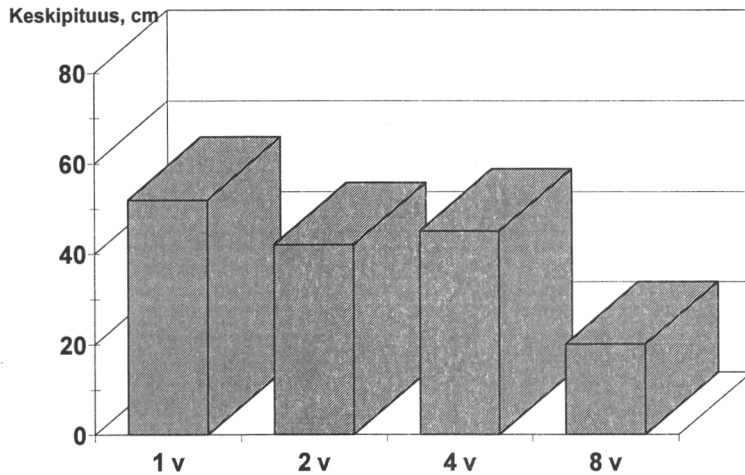
Koivun taimet olivat pääosin muokatussa maassa (kuva 3) ja niiden lukumäärä aleni jonkin verran siemenpuiden seisottamisen takia. Koivun, kuusen ja männyn lisäksi koaloilla esiintyi pihlajaa ja muutamissa painanteissa pajua. Siemenpuiden seisottamisen ei havaittu vaikuttavan näiden lukumäärään.



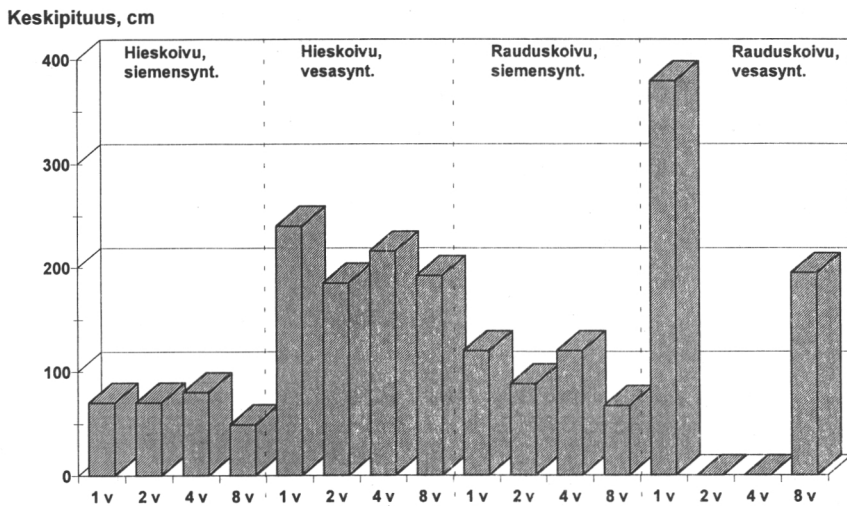
Kuva 3. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus koivuntaimien lukumäärään.

3.2 Taimien keskipituus

Siemenpuiden seisottamisella yhdestä neljään vuotta ei ollut vaikutusta kahdeksan vuoden iällä mitattuun keskipituuteen, mutta neljästä kahdeksaan vuoteen jatkunut seisottaminen pudotti männyntaimien keskipituuden alle puoleen (kuva 4). Myös raudus- ja hieskoivun siementaimien pituus laski neljän ja kahdeksan vuoden välillä (kuva 5, taulukko 3).



Kuva 4. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus männyntaimien keskipituuteen.



Kuva 5. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus koivuntaimien keskipituuteen.

Taulukko 3. Siemenpuiden seisottamisen vaikutus eri puulajien taimien keskipituuteen. p = tilastollinen merkitsevyys.

Puulaji	1 v	2 v	4 v	8 v	p
Mänty	52	42	45	20	0,001
Kuusi	28	48	28	19	0,011
Hieskoivu, siemensynt.	70	70	80	49	0,001
Hieskoivu, vesasynt.	240	185	216	192	0,036
Rauduskoivu, siemensynt.	120	88	120	67	0,001
Rauduskoivu, vesasynt.	379	-	-	195	-
Pihlaja ja paju	90	75	99	112	0,066

4. Tulosten tarkastelu

Tutkimustulosten perusteella männyn luontainen uudistaminen onnistuu kokeen olosuhteissa nopeasti, jopa yhdessä vuodessa. Pääosa taimista oli muokkausjäljessä, kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa on havaittu (Valtinen 1984, 1985).

Kun siemenpuut seisoivat neljästä kahdeksaan vuotta, männyntaimien pituuskasvun heikkeneminen oli silmännähdessä selvä verrattuna niihin alueisiin, joilta siemenpuut poistettiin yhden, kahden tai neljän vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta. Myös koivun siementaimien keskipituus aleni neljän ja kahdeksan vuoden välillä. Koska pituuskasvumittauksia ei tehty vuosittain, kasvun heikkenemisen ajankohtaa ei voida täsmällisesti ilmaista. Tulos on kuitenkin yhtenevä Valtasen (1984) havaintoihin, joiden mukaan yli 6 vuotta jatkunut seisottaminen heikentää taimikon kehitystä. On mahdollista, että se alkaa jopa aikaisemminkin.

Tulosten perusteella voidaan kuivahkon kankaan olosuhteissa suositella männyn siemenpuiden poistamista 1–4 vuoden kuluttua siemenpuuhakkuusta. Nopean luontaisen uudistamisen edellytys on kuitenkin riittävän runsas ja laadullisesti hyvä siemensato sekä maanmuokkaus laikuttaen tai äestäen. Sirkkataimien olemassaolo on syytä varmistaa ennen siemenpuiden poistamista tarkoilla havainnoilla.

Kirjallisuus

- Heikinheimo, O. 1940. Uudistusalojen maanpinnan käsittely ja taimettuminen. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 57(3): 195–202.
- 1948. Suomen oloihin sopivat uudistushakkausmenetelmät. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 65(11): 317–319.
- Leikola, M. 1986. Metsien luontainen uudistaminen I, Harsintahakkuiden ajasta harsintajulkilausumaan (1830–1948). Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 57. 202 s.
- 1987. Metsien luontainen uudistaminen II, Harsintajulkilausumasta nykyhetkeen (1948–1986). Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 60. 198 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuosituksat 26.4.1994. Metsäkeskus Tapio. 67 s.
- Mikola, P. 1956. Hakkuu – asento – uudistamismenetelmä. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 73(8): 243–247.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Norokorpi, Y. 1981. Pienten avo- ja siemenpuuhakkuualojen uudistuminen suojametsäalueella. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 6: 97–104.
- 1983. Männyn luontainen uudistaminen Lapissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 57–71.
- Sirén, G. 1948. Maanpinnan rikkomisesta. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 65(11): 329–330.
- Skoklefeld, S. 1995. Naturlig gjenvekst i frøtrestillinger av furu. Summary: Natural regeneration in seed-tree stands of Scots pine. Rapport XV fra forskningsprogrammet "Skogøkologi og flersidig skogbruk" 3. 27 s.
- Tertti (Hertz), M. 1934. Tutkimuksia kasvualustan merkityksestä männyn uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 20(2): 1–98.
- Valtanen, J. 1972. Laikutettujen siemenpuuasentojen inventointituloksia Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla v. 1974. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 2. 12 s.
- 1984. Männyn luontaisen uudistamisen mahdollisuudet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 158: 37–50.
- 1985. Muokattujen alueiden luontainen taimettuminen Keski-Pohjanmaalla. Julkaisussa: *Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa* 28.11.1985. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 58–67.

Mättäiden koon ja istutuspaikan vaikutus taimettumiseen

Eero Kubin ja Pentti Savilampi

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 MUHOS

Mättäiden koon ja istutuspaikan vaikutusta männyn, kuusen, rauduskoivun ja kontortamännyn taimettumiseen tutkittiin Paltamon Kivesvaarassa sijaitsevalta koekentällä vuosina 1986–94. Avohakkuu tehtiin 1984, mätästys syksyllä 1985 ja istutus keväällä 1986. Viljelytaimet inventoitiin vuosittain. Luonnontaimet laskettiin 1990 ja 1994.

Viljelytaimien keskimääräinen elossaolo mätäissä oli yli 90 % ja vertailuna olleessa kuokkalaikussa 60 %. Isosta mätäskeosta ei ollut hyötyä, sillä taimien elossaolo oli yhtä hyvä ojamaiden levitysalueella. Mätäisiin istutetut taimet kasvoivat paremmin kuin kuokkalaikkuun istutetut. Ojamaiden levityksen yhteydessä tehty koivun kantojen hävittäminen vähensi nopeakasvuisten vesasyn-tyisten koivuntaimien lukumäärää ja siirsi perkaustarvetta useita vuosia .

1. Johdanto

Koneellinen mätästys aloitettiin Suomessa turvemaiilla Porin metsänparannuspiirissä 1960-luvun puolivälissä. Aluksi mätästystä tehtiin turvemaiilla (Kaunisto 1979, Repo & Valtanen 1994) ja pian tämän jälkeen myös kivennäismailla (Laiho 1979). Ensimmäiset käytännön uudistusaloilta saadut tulokset osoittivat, että taimien kuolleisuus mätäissä oli keskimäärin pienempi ja pituuskasvu parempi kuin muulla tavoin muokatuilla aloilla (Laiho 1979, 1984, Toivonen 1987, Villanen 1987). Myös vertailevat tutkimukset kivennäismaiden mätästykseen ja muiden muokkaustapojen välillä ovat antaneet samansuuntaisia tuloksia (Raulo & Rikala 1981, Kinnunen 1989, Lähde ym. 1981).

Pohjois-Suomessa mätästys oli vähäistä vielä 1980-luvun alussa. Kiinnostus mätästykseen käyttöön pienialaisten kuivatusta vaativien uudistusalojen maankunnostusmenetelmänä lisääntyi vuosikymmenen puoliväliin mennessä. Vuonna 1989 mätästykseen osuus metsämaiden muokkauksesta oli Etelä-Suomessa noin 20 % ja Pohjois-Suomessa noin 10 % (Vas- tamäki 1991). Kainuun yksityismetsissä vuosina 1989–93 mätästykseen osuus oli 10 %, aurauksen 10 % ja äestyksen osuus 80 %. Saman tarkas- telujakson kahden viimeisen vuoden aikana mätästystä on ollut enem- män kuin aurausta (Kainuun metsälautakunnan ... 1993). Uusimmissa

maankäsittelyohjeissa metsäaureaus on korvattu mätästykseällä tiiviillä ja hienojakoisilla mailla. (Metsänhoito-ohjeet ... 1993).

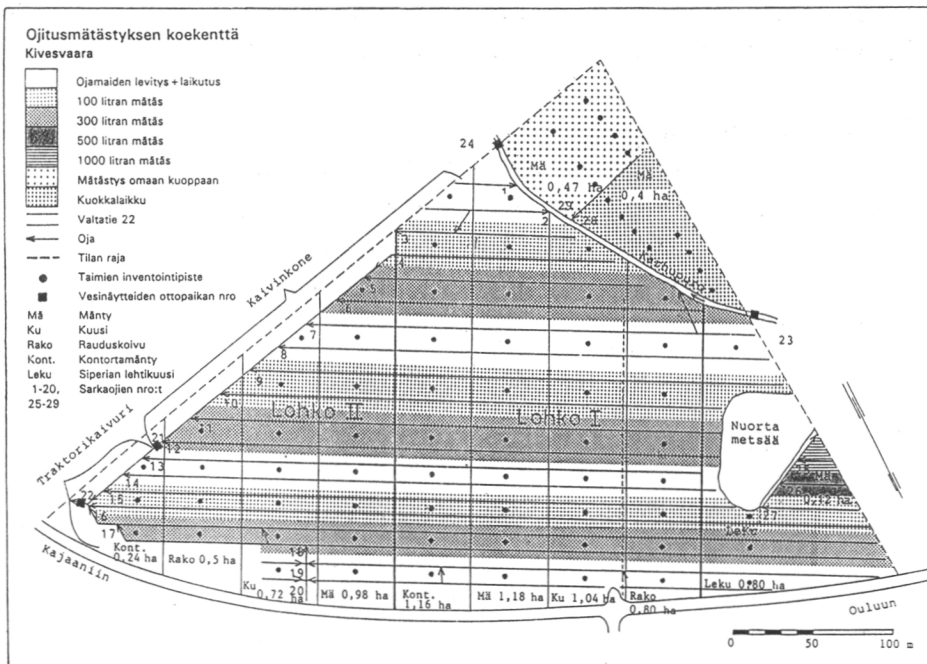
Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mättäiden koon ja ojamaiden levityksen vaikutusta taimettumistulokseen. Tarkasteltavina muutujina olivat mättäiden koon lisäksi puulaji ja istutuspaikka. Lisäksi selvitettiin, missä määrin koivun kantojen ennalta hävittämällä voidaan vähentää vesasyntyisten hieskoivujen määrää ja sitä kautta vaikuttaa perkaustöiden kiireellisyyteen.

2. Aineisto ja menetelmä

Koekenttä sijaitsee Paltamon kunnan Kivesjärven kylässä (64°26' N, 27°33' E). Korkeus merenpinnasta on 150–160 m. Kasvupaikkatyyppi on paikoin soistunutta tuoretta kangasta. Maalaji on pääosin lajittunutta hietaa tai hietamoreenia. Hakkuussa korjattiin puuta keskimäärin 126 m³/ha, josta 90 % oli kuusta, 5 % mäntyä ja 5 % koivua. Kuusitukin osuus korjatusta puumäärästä oli 40 %.

Koekenttä perustettiin kesällä 1985. Ojitusmätästys tehtiin saman vuoden syksyllä Mitsubishi MS 180 -kaivinkoneella ja Vammass-traktorikaivurilla. Sarkaleveys oli kaivinkoneella tehdyssä mätästyksessä 15 m ja traktorikaivurilla kaivettuna 10 m (kuva 1). Ojien alapäähän kaivettiin saostuskaivot. Mätäskoot olivat 100 ja 300 litraa. Kolmantena käsittelyinä oli ojamaiden levitys, jota täydennettiin hävittämällä vesovat kannot (kääntämällä) ja tekemällä tarpeellisiin kohtiin kauhan kärjellä laikkuja. Kokeeseen liittyvät lisäksi erillisinä käsittelyinä ilman toistoja mätästys omaan kuoppaan ja kuokkalaikutus, joihin istutettiin vain mäntyä.

Kaivinkonemätästyksessä tehtiin 100 litran mättäitä 1 228 kpl/ha ja 300 litran mättäitä 1 319 kpl/ha (Appelroth 1986). Vastaavat luvut traktorikaivurilla olivat 1 840 ja 1 461 mätästä/ha (kuva 2). Kaivinkonemätästykseen suuremmasta sarkaleveydestä johtuen ojat jouduttiin kaivamaan syvemmiksi kuin traktorimätästyksessä (taulukko 1). Edellisessä tehtiin ojan molemmin puolin kolme ja jälkimmäisessä kaksi mätäsriiviä.



Kuva 1. Koealakaavio. Mätästys syksyllä 1985, istutus toukokuussa 1986.

Taulukko 1. Mättäiden ja ojien mitat työkonelaitin.

Mätästystapa	Vammass- traktorikaivuri	Mitsubishi MS180 kaivinkone
Ojamaiden levitys + laikutus		
- ojien syvyys, cm	33	53
100 litran mätäskoko		
- ojien syvyys, cm	43	49
- polkemalla tiivistetyn mättään korkeus, cm	23	29
300 litran mätäskoko		
- ojien syvyys, cm	49	75
- polkemalla tiivistetyn mättään korkeus, cm	34	33



Kuva 2. Koelalalta otettu valokuva 2.5.1995. Vasemmalla mänty ja oikealla kontortamänty.

Erityisesti humus ja kannot vaikeuttivat työtä. Mättäiden tekemistä harjoiteltiin ennen kokeen perustamista erillisellä harjoituskoekentällä. Tästä huolimatta kokoeroja syntyi siten, että kaivinkoneella 100 litran mättään keskimääräiseksi kooksi tuli 180 litraa ja 300 litran 336 litraa. Traktori-kaivurilla vastaavat luvut olivat 162 ja 396 litraa. On kuitenkin huomattava, että tilavuuden mittauksessa jo toiseen kertaan käsitelty maa on kuohkeaa ja näin saatu tulos on ilmeisesti todellista suurempi. Tiiviiksi maaksi muunnettuna mättäiden koot lienevät lähellä niitä kokoja, joihin oli pyritty.

Taimet istutettiin käsiteltyyn maahan toukokuun lopulla 1986. Jokaisen puulajin viljelytiheys oli 2 500 kpl/ha. Mättääseen istutettiin pääsääntöisesti kaksi tainta, toinen mättään laelle ja toinen mättään reunaan. Laelle istutettuja taimia oli 100 litran mätäskeossa 54 % ja 300 litran mätäskeossa 58 %. Ojamaiden levitys+laikutus -alueilla levitettyyn maahan viljeltiin 87 % ja loput laikkuihin.

Kokeessa käytettiin seuraavia taimia: mänty 1Mk Fs 408 Kuusamo, kontortamänty 1Mk Fs 408 Kanada, kuusi 1Mk+1Ak Fs 408 Puolanka ja rauduskoivu ½Mk Fs 1008 Paltamo. Rauduskoivun taimet kasvatettiin Alakärpän taimitarhalla, muut Katin taimitarhalla Sotkamossa. Kenno-paperi poistettiin viljelytyön yhteydessä vain rauduskoivulta. Viljelyvuo-

den syksyllä rouste nosti osan taimista joko osittain tai kokonaan. Seuraavan vuoden keväällä kaikki rousteen nostelemaat taimet painettiin takaisin maahan.

Rauduskoivuruudut perattiin kesällä 1989, mänty- ja kontortamäntyruudut vuonna 1990. Perkaamatta ovat toistaiseksi kuuselle istutetut alueet, joilla luontainen lehtipuuaines on säilytetty verhopuustona.

Luontaisten taimien määrät laskettiin ennen perkausta pituusluokittain 0–30, 30–130 ja yli 130 cm. Perkaamattomilta kuusiruuduilta luontaiset taimet on laskettu vuonna 1994. Yli 130 cm pituisista taimista mitattiin aina myös pituus.

Vierekkäisten ojien maat luotiin samankokoisiksi mätäksi ojan molemmin puolin. Näin saatiin koko sarka samaa mätäskokoa vain joka toiselle saralle (kuva 1). Taimien seuranta varten perustettiin näille saroille ympyräkoealat ($r = 4$ m), joissa taimet merkittiin muovitikuilla. Levitetyn maan ja laikun sekä mätään laen ja reunan viljelytaimet merkittiin seurannan helpottamiseksi erivärisillä tikuilla. Viljelytaimien elossaolo inventoitiin neljänä ensimmäisenä vuotena keväällä ja syksyllä ja siitä eteenpäin vain syksyllä. Kaikista viljelytaimista mitattiin pituus vuosina 1992 ja 1994. Sitä ennen pituus mitattiin vain perkauksen yhteydessä.

Konetyypin vaikutus taimettumiseen oli vähäinen. Tämän johdosta aineisto käsiteltiin vain mätäskoon perusteella. Keskiarvojen välisten erojen testaamiseen käytettiin varianssianalyysiä.

3. Tulokset

31. Taimien elossaolo

Viljelytaimien keskimääräinen elossaolo oli yhdeksän kasvukauden jälkeen yli 90 % (taulukko 2). Elosaolo jäi alle 90 %:n vain männyllä 300 litran mätäissä ja kontortamännyllä ojamaiden levitys+laikutus-aloilla. Vastaavasti kuokkalaikutuksessa männyn elossaolo oli noin 60 %. Kuokkalaikkua lukuunottamatta muokkaustapojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Viljelytaimia kuoli ensimmäisinä vuosina sekä kesällä että talvella. Vuosien välillä ei ollut merkittäviä eroja. Kaikilla puulajeilla kuolleisuus oli lähes aina suurinta heti istutusta seuraavana vuonna. Kontortamännyn taimia kuoli koko seurantajakson ajan.

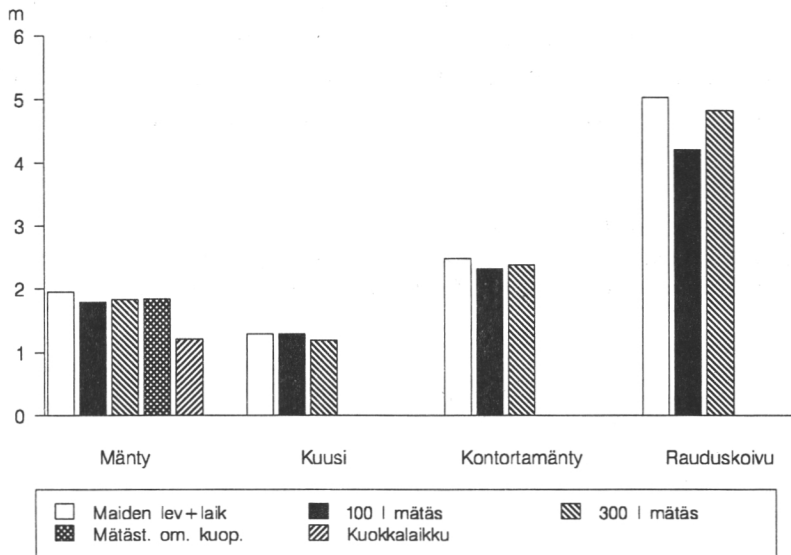
Ojamaiden levitys+laikutus -alan laikuissa kuolleisuus oli yhdeksän kasvukauden jälkeen keskimäärin 13 % suurempi kuin levitetystä maasta. Ero oli tilastollisesti merkitsevä. 100 litran mättäiden laella taimia oli kuollut yhtä paljon kuin mättäiden reunalla. 300 litran mättäiden laella oli puolestaan kuollut taimia kolme prosenttiyksikköä vähemmän kuin mättäiden reunalla. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 2. Taimien elossaoloprosentit puulajeittain vuosina 1986–94. Mätästystavat ovat (1) ojamaiden levitys+laikutus mukaan lukien koi-vun kantojen hävitys, (2) 100 litran mätäs ja (3) 300 litran mätäs.

	Inventointiaika												
	86		87		88		89		90	91	92	93	94
	kev.	syk.	kev.	syk.	kev.	syk.	kev.	syk.	kev.	kes.	kes.	kes.	kes.
Mänty													
1	100	97	97	97	97	97	95	95	95	95	95	95	95
2	100	99	98	96	94	94	91	91	91	91	91	91	91
3	100	95	94	94	93	91	90	90	90	88	88	88	88
Kuusi													
1	100	98	97	93	91	91	91	91	91	91	91	91	91
2	100	97	97	96	96	95	95	95	95	95	95	95	95
3	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Kontortamänty													
1	100	96	93	92	92	92	92	92	91	91	91	89	87
2	100	96	96	96	96	95	95	95	93	91	91	91	91
3	100	100	100	100	100	100	100	98	97	97	97	97	97
Rauduskoivu													
1	100	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98
3	100	100	99	99	97	97	97	97	97	97	97	97	97

32. Taimien pituus

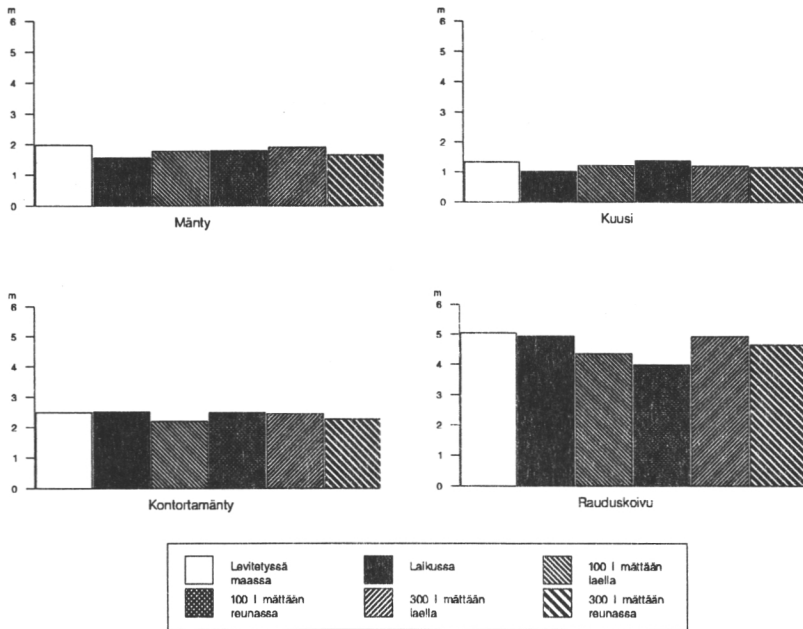
Pituuskasvu oli kaikilla puulajeilla parasta ojamaiden levitys+laikutus -aloilla (kuva 3). Kuusen kasvu oli yhtä hyvä myös 100 litran mättäissä. Mänty kasvoi heikoimmin kuokkalaikussa ja rauduskoivu 100 litran mättäissä. Erot muihin muokkaustapoihin olivat tilastollisesti merkitseviä.



Kuva 3. Mätästystavan vaikutus taimien pituuteen. Istutus 1986, pituusmittaus syksyllä 1994.

Ojamaiden levitys+laikutus -alueiden viljelytaimet olivat yleensä alusta alkaen pitempiä levitetystä maassa kuin laikussa. Pituusero lisääntyi vuosien myötä lukuunottamatta kontortamäntyä, jonka taimien pituus oli viimeisimmässä mittauksessa sama sekä laikussa että levitetystä maassa. Pienissä mättäissä taimet olivat useimmiten pitempiä mättään reunassa kuin mättään laella. Rauduskoivun taimet olivat kuitenkin yleensä pitempiä mättään laella. Isoissa mättäissä mänty ja rauduskoivu ovat kasvaneet koko mittausjakson ajan paremmin mättään laella kuin mättään reunassa.

Kontortamännyn taimien pituuksissa ei ollut istutuspaikkojen välillä eroa mittausjakson alussa, mutta viimeisten mittausten perusteella taimet ovat alkaneet kasvaa paremmin mättään laella kuin reunassa. Kuusen taimien pituuksissa ei ole ollut istutuspaikkojen välillä eroja. Levitetyn maan ja laikun sekä mättään laen ja reunan välillä ei vielä vuoden 1994 mittauksissa ollut tilastollisia eroja (kuva 4).

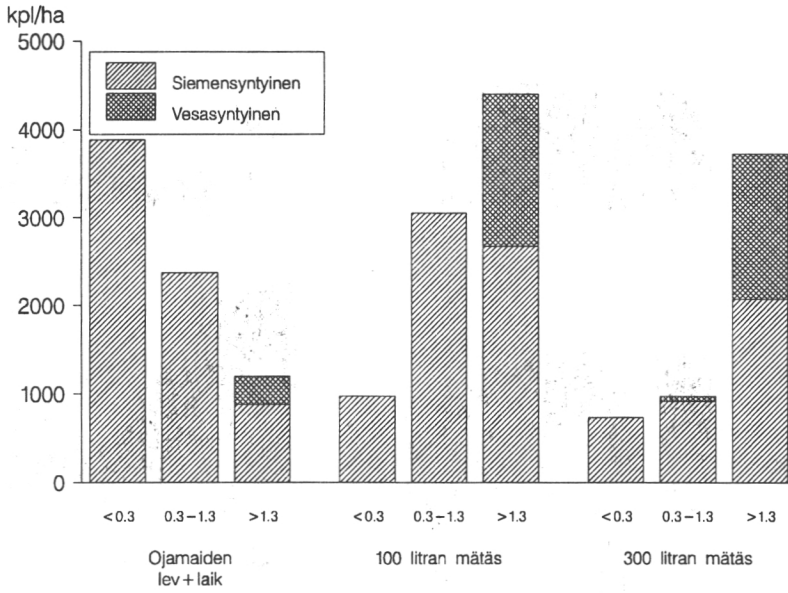


Kuva 4. Istutuspaikan vaikutus taimien pituuteen eri mätätysalueilla. Istutus 1986, pituusmittaus syksyllä 1994.

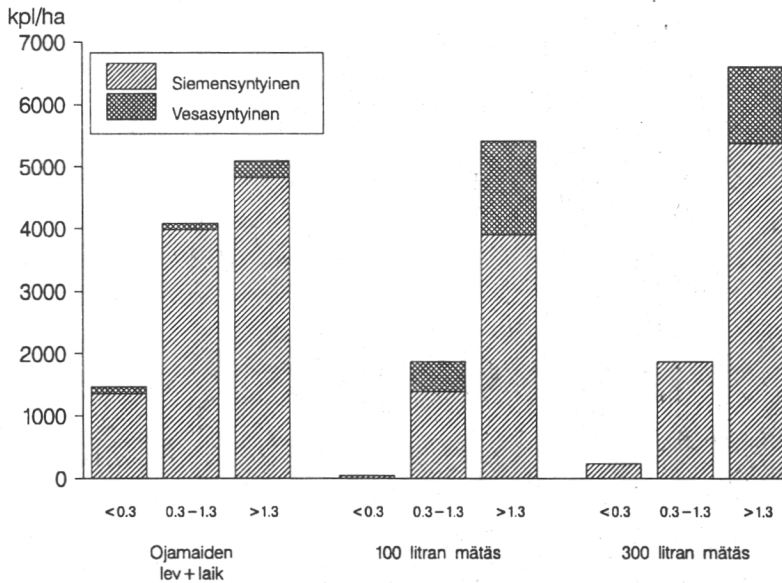
33. Luonnontaimien tuoma täydennys

Luontaiset koivut männyn ja kontortamännyn viljelyaloilla. Luontaisesti syntyneistä koivuntaimista oli rauduskoivuja vain muutama prosentti. Yli 1,3 metrin pituisia hieskoivuja oli 100 ja 300 litran mätätysalueilla yli kolme kertaa enemmän kuin ojamaiden levitys+laikutus -ruuduilla, joilta koivun kannot oli hävitetty muokkausvaiheessa. Hieskoivuista oli 100 ja 300 litran mätätysaloilla vesasyntyisiä 20–30 %, mutta ojamaiden levitys+laikutus -ruuduilla vain 4 % (kuva 5). Viljeltyjen mäntyjen keskipituus vuonna 1990 oli 74–79 cm ja kontortamäntyjen keskipituus 77–86 cm mätäskoosta riippuen.

Luontaiset lehtipuut kuusen viljelyaloilla. Perkaamatta pidetyiltä kuusi-ruuduilta laskettiin luontaiset koivut ensimmäisen kerran vuonna 1994. Hieskoivuja oli eniten ojamaiden levitys+laikutus -aloilla (noin 11 000 kpl/ha), seuraavaksi eniten 300 litran mätätysalueilla (n. 9 000 kpl/ha) ja vähiten 100 litran mätätysalalla (n. 7 000 kpl/ha). Pääosa taimista oli jo yli 1,3 metrin pituisia (kuva 6). Siemensyntyisten hieskoivujen määrä oli lisääntynyt eniten ojamaiden levitys+laikutus -ruuduilla verrattuna neljä vuotta aikaisemmin mitattuun tulokseen männyn ja kontortamännyn ruuduilta (kuva 5).



Kuva 5. Luontaisten hieskoivujen lukumäärä mänty- ja kontortamäntyruuduilla v. 1990 viljelytaimien ollessa 5-vuotiaita.



Kuva 6. Luontaisten hieskoivujen lukumäärä kuusiruuduilla v. 1994 viljelytaimien ollessa 9-vuotiaita.

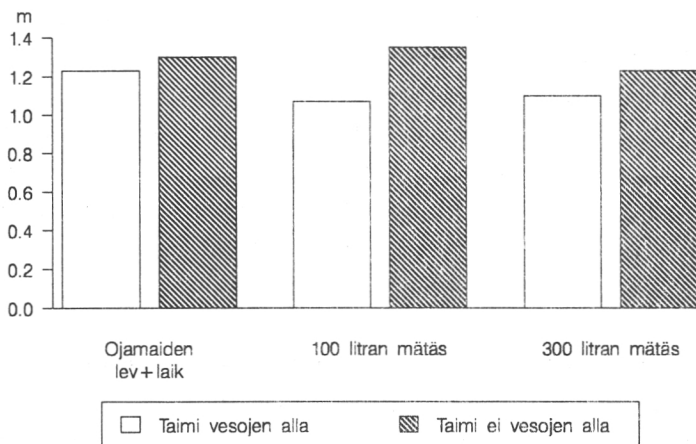
Siemen- ja vesasyntyisten hieskoivujen keskimääräinen pituus yli 1,3 m pituusluokassa oli maiden levitys+laikutus -ruuduilla 238 cm, 100 ja 300 litran mätätysruuduilla vastaavasti 279 ja 285 cm. Vesasyntyiset hieskoivot olivat keskimäärin 60–116 cm siemensyntyisiä taimia pitempiä. Suurin ero oli 300 litran mätätysalueilla ja pienin ojamaiden levitys+laikutus -ruuduilla.

Kuusiruuduilla oli koivun lisäksi myös pajua ja pihlajaa yli 1,3 metrin pituusluokassa kaikilla mätätysruuduilla noin 2 000 kpl hehtaarilla. Viljelykuusia varjostavien lehtipuiden määrä nousi siten maiden levitys+laikutus- ja 100 litran mätätysruuduilla yli 7 000 kpl/ha ja suuremman mätäskoon ruuduilla yli 8 000 kpl/ha.

Luontaiset havupuut. Männyn ja kontortamännyn viljelyaloilla oli 100 ja 300 litran mätätyskessä luontaisia männyn ja kuusen taimia kumpaakin 200–300 kpl/ha. Ojamaiden levitys+laikutus-alueilla männyntaimia oli yli 1 000 kpl/ha. Kuusiruuduilla vastaavat taimimäärät olivat neljä vuotta myöhemmin 2–3 kertaa suuremmat.

34. Lehtipuiden vaikutus kuusen kasvuun

Viljelykuusista oli selvästi lehtipuiden varjostamia noin 20–30 %. 300 litran mätätysaloilla vesakon alla oli enemmän viljelytaimia kuin muilla muokkausaloilla. Lehtipuuston alla kasvaneiden kuusten keskipituus oli pienempi kuin vesosta vapaana kasvaneilla taimilla (kuva 7). Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 7. Varjostavien lehtipuiden vaikutus viljeltyjen kuusentaimien pituuteen viljelytaimien ollessa 9-vuotiaita.

35. Halla- ja roustetuhot

Lehtipuusto vähensi kuusen hallavaurioiden määrää. Keväällä 1994 hallan vioittamia latvakasvaimia oli 11 %:lla vesakon alla ja 17 %:lla vesoista vapaana kasvaneista kuusista. Oksissa hallavaurioita oli vielä enemmän. Lehtipuuston alla kasvavista kuusista joka toisella oli hallan ruskettamia oksankärkiä ja vastaavasti vesoista vapaana kasvaneista 80 %:lla oli oksissa hallavaurioita. Ojamaiden levitys+laikutus -aloilla oli keväthallatuhota sekä latvakasvaimissa että oksissa enemmän kuin muilla maankäsittelyaloilla. Taimien elossaolon hallalla ei ollut vaikutusta. Hallavaurioiden suureen määrään vesakon alla vaikutti osaltaan se, että koelaloilla oleva lehtipuusto ei ollut vielä riittävän kookasta ja tiheää, jotta se antaisi riittävän suojan kuusen taimille.

Rousteen nostamia taimia oli heti viljelyvuoden syksyllä 100 litran mätätysalalla 17, 300 litran mätätysalalla 15 % ja ojamaiden levitys+laikutus -aloilla 12 % kaikista taimista. Pienemmän mättään laki- ja reunaosien välillä ei ollut roustetuhojen määrässä eroa. Suuremman mättään reunassa rousteen nostamia taimia oli sen sijaan kuusi prosenttiyksikköä enemmän kuin mättään laella. Puulajien välillä ei ollut rousteen nostamien taimien määrässä suuria eroja, kuitenkin ojamaiden levitys+laikutus -aloilla rousteen nostamia rauduskoivuja oli vain 1 %.

4. Tulosten tarkastelu

Viljelytaimien elossaolo Kivesvaaran ojitusmätästyksen koekentällä oli yhdeksän kasvukauden jälkeen puulajeittain keskimäärin yli 90 %, mikä on poikkeuksellisen hyvä tulos. Muhoksen tutkimusaseman vuosina 1977–87 toteuttamissa käytännön uudistusalojen inventoinneissa taimien elossaolot on todettu 5- ja 10-vuotiailla uudistusaloilla useimmiten huomattavasti heikommiksi (Pelkonen ym. 1982, Haverinen 1982, Savilampi 1983, Moilanen 1986, Hiltunen 1987). Tämän tutkimuksen tulokset ovat viljelyn onnistumisen osalta hyvin vertailukelpoisia Etelä-Suomesta mätätysaloilta saatuihin tuloksiin (Hämäläinen 1990).

Mätästyksellä pyritään parantamaan maan vesi- ja lämpösuhteita. Muokkauksen onkin todettu nostavan maan lämpötilaa verrattuna muokkaamattomaan maahan (Kubin & Kempainen 1994). Lähde ym. (1981) ovat Lapissa todenneet mättäiden olevan lähes aina parhaita istutuskohtia. Kinnusen (1989) tekemissä tutkimuksissa istutuksen onnistuminen oli

mätästyksessä tasavertainen tai parempi kuin laikutuksessa tai lautas- ja piennaraurauksessa. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan taimien alkukehityksen kannalta paras istutuspaikka on kuivia kasvupaikkoja lukuunottamatta kohouma, joka muodustuu kivennäismaan peittämästä humuspatjasta (Korhonen 1993, Örlander 1986, Örlander & Gemmel 1989). Martinssonin (1985) mukaan tulos riippuu jonkin verran taimilajista, mutta yleisesti elossaolo ja pituus ovat parempia mätäissä kuin laikuissa tai kuokkalaikuissa. Kurjen (1994) tekemässä tutkimuksessa istutustaimet ovat menestyneet myös matalissa mätäissä.

Kinnusen (1989) mukaan myös taimien pituuskehitys on mätästetyillä aloilla selvästi nopeampaa verrattuna laikutukseen tai lautas- ja piennarauraukseen. Myös useista muista tutkimuksista on saatu samansuuntaisia tuloksia (Laiho 1979, Lähde 1978, Raulo & Rikala 1981, Toivonen 1987 ja Villanen 1987)). Tässä tutkimuksessa mänty ja rauduskoivu kasvoivat kuitenkin pituutta parhaiten levitetyssä maassa, missä ei varsinaisesti pystytty luomaan yksittäisiä mätäitä lainkaan. Kontortämänty ja kuusi taas kasvoivat parhaiten 100 litran mätään reunassa. Viljelypaikkojen välillä taimien pituuserot olivat kuitenkin pieniä eikä tilastollisia eroja saatu.

Hienorakeisilla maalajeilla mätäiden tulisi olla matalia (10–20 cm), sillä korkeat, yli 40 cm mätäitä ovat kaikilla mailla epäedullisia (Laiho 1984). Myös tämän tutkimuksen tulokset tukevat tätä, sillä laikuissa kuoli taimia keskimäärin yli kymmenen prosenttiyksikköä enemmän kuin levitetyssä maassa tai mätäissä. Kuokkalaikkuun verrattuna ero oli 30 %. Levitetyn maan ja mätään välillä elossaolon erot olivat pienet. Isosta mätäskesta ei siten ollut hyötyä. Myös uusimmat metsänhoito-ohjeet suosittavat matalien mätäiden käyttöä.

Taimien laatua ei mitattu eikä siitä tehty silmävaraisia arvioita. Laihon (1985) mukaan mätäillä kasvaa tyvekkäitä ja voimakasoksaisia taimia. Myös Toivosen (1987) tutkimuksissa oksavikojen yleisyys on nimenomaan mätästaimien ongelma. Taimien laatukehitykseen voidaan kuitenkin vaikuttaa kasvattamalla taimikot tiheinä. Yleensä mätästysalueille Kivesvaaran koekentän tavoin tulee runsaasti luonnontaimia. Niiden määrään voidaan vaikuttaa ojamaiden levityksen yhteydessä rikkomalla maanpintaa laikuttamalla, jolloin luodaan edellytykset erityisesti siemensyntyisten koivuntaimien lisääntymiselle. Lisäksi koivunkantojen hävittämisellä voidaan ratkaisevasti vähentää nopeakasvuisten vesasyntyisten koivuntaimien määrää ja samalla siirtää perkaustarvetta vuosia eteen-

päin. Samalla saadaan paremmat edellytykset sekametsien kasvattamiselle, jossa lehtipuusto voidaan rakentaa siemensyntyisistä taimista.

Kirjallisuus

- Appelroth, S.-E. 1986. Aikatutkimus mätästyksestä. Moniste. 5 s.
- Haverinen, R. 1982. Kymmenen vuotta vanhojen viljelytaimikoiden menestyminen Ristijärven pitäjässä. Metsänhoitotieteen laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 79 s.
- Hiltunen, S. 1987. Ristijärvellä vuonna 1975 viljeltyjen taimikoiden tila vuonna 1985. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 84 s.
- Hämäläinen, J. 1990. Eri maanmuokkausmenetelmien edullisuus männyn ja kuusen viljelyssä Etelä-Suomessa. Summary: Advantages of different site preparation methods on planting results and costs in southern Finland. Metsätehon katsaus 402: 1–16.
- Kainuun metsälautakunnan toimintakertomus vuodelta 1993. 45 s.
- Kaunisto, S. 1979. Turvemaiden mätästys. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 8: 1–7.
- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Folia Forestalia 727. 23 s.
- Korhonen, P. 1993. Kasvupaikalle sopivan istutuskohdan ja -syvyyden valinnalla parempia taimikoita. Metsähallitus, kehittämissyysikkö, tiedote nro 6. 6 s.
- Kubin, E. & Kemppainen, L. 1994. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. Acta Forestalia Fennica 244. 56 s.
- Kurki, E. 1994. Männyn, kuusen, raudus- ja hieskoivun paakkutaimien alkukehitys sekä männyn ja kuusen kylvösiemenen itäminen ojitusmätätetyillä koealoilla Muhoksella. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 49 s.
- Laiho, O. 1979. Taimikehitys metsänhoitoyhdistysten mätästysaloilla. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 8: 1–8.
- 1984. Ongelmallisten metsänviljelykohteiden maanpinnan valmistus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137: 30–42.
- 1985. Maanmuokkaus kivennäismaiden ongelma-alueilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 184: 16–24.
- Lähde, E. 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94(5): 1–59.
- , Manninen, S. & Tervonen, M. 1981. Ojituksen ja muokkauksen vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä havupuiden taimien kehitykseen. Summary: The effect of drainage and cultivation on soil physical properties and the development of conifer seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(7): 1–43.

- Martinsson, O. 1985. Markberedningens inflytande på överlevnad, tillväxt och rot/skott-relation i föryngringar 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. Institution för skogs-skötsel. Rapporter nr 15. 29 s.
- Metsänhoito-ohjeet Kainuun alueelle 1993. Yhtyneet Paperitehtaat Oy. Metsäosasto. 37 s.
- Moilanen, H. 1986. Kevään 1974 männyn viljelyalojen tila v. 1984 Tai- valkoskella. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 81 s.
- Pelkonen, H., Tuomi, P. & Valtanen, J. 1982. Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella. Summary: Survival of pine on reforested sites in northern Finland. Folia Forestalia 511. 23 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Summary: Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways. Folia Forestalia 462. 13 s.
- Repo, R. & Valtanen, J. 1994. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mätästetyksen perusteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 520. 52 s.
- Savilampi, P. 1983. Kuntakohtaisten viljelyinventointien yhdistelmä vuosilta 1977-1982. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 119: 40-52.
- Toivonen, T. 1987. Varttuneiden mätästämällä muokattujen männyntaimikoiden tila Koillis-Satakunnan yksityismetsissä. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 82 s.
- Vastamäki, A. 1991. Metsämaanmuokkauksen suoritemäärät ja työko- neet vuosina 1987 - 1989. Metsäteknologian pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 60 s.
- Villanen, H. 1987. Taimien alkukehitys mätästetyillä männyn istutusaloilla Parkanossa. Metsänhoitotieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 79 s.
- Örlander, G. 1986. Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. Studia Forestalia Suecica 173. 17 s.
- & Gemmel, P. 1989. Markberedning. Severiges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3: 1-53.

Muokatun metsämaan lämpötilan mallintaminen käyttäen lähtötietoina Ilmatieteen laitoksen mittaustuloksia

Lauri Kemppainen

Oulun yliopisto, Biofysiikan laitos
Linnanmaa, 90570 OULU

Aiemmin mitatun aineiston (Kubin & Kemppainen 1991 ja 1994) avulla mallinnettiin taimen elinympäristön lämpöoloja erityyppisillä maanmuokkausaloilla käyttäen lähtötietoina Ilmatieteen laitoksen lähimmäksi sijoittuvan säähavaintoaseman päivittäisiä mittaustuloksia. Mittaustuloksista otettiin malliin muutetuiksi vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilat, tuulenopeudet, pilvisyydet ja vuorokautiset sademäärät. Mallin avulla laskettiin lämpötilat kesäkuun alusta elokuun loppuun muokkaamattomalle avohakkuualalle ja auratulle alalle.

Mallin avulla laskettujen ja mitattujen vuorokautisten maksimilämpötilojen väliset selitysasteet vaihtelivat 0,73:n ja 0,88:n välillä, vuorokautisten minimilämpötilojen selitysasteet 0,75:n ja 0,84:n välillä ja kaikkien havaintojen selitysasteet 0,71:n ja 0,84:n välillä. Mallin avulla lasketuista ja mitatuista lämpötiloista koostettujen tehoisien lämpösummien erot olivat alle 3,2 %.

1. Johdanto

Erityisesti pohjoisissa oloissa kasvukauden aikana lämpötilalla ja sen vaihtelulla sekä yleensä sääoloilla on tärkeä merkitys taimelle (Valtanen 1988, Tolvanen & Kubin 1990, Valkonen 1992). Hellekausina päivälämpötila voi kohota lähellä maanpintaa haitallisen korkeaksi ja seuraavana yönä laskea pakkasasteiden puolelle (Kubin & Kemppainen 1991). Auratulla alalla palteiden pintaosien lämpötila seuraa melko hyvin ilman lämpötilaa (Kubin & Kemppainen 1994), jolloin myös juuriston lämpöolot voivat olla palteissa ja niitä vastaavissa mättäissä epäsuotuisia. Epäsuotuisien lämpöolojen ja erityisesti kylmien kesien onkin arvioitu olleen osasyynä havaittuihin taimituhoihin (Leikola 1979, Pohtila 1979, Valtanen 1988). Peräkkäisten lämpimien kesien on puolestaan arvioitu parantaneen metsän kasvua ja taimien eloonjäämistä (Leikola 1979). Kesät eivät kuitenkaan ole yksiselitteisesti kylmiä tai lämpimiä, vaan kasvukauden aikana esiintyy lyhyempiä tai pitempiä kylmiä tai lämpimiä sääjaksoja (Kubin & Kemppainen 1991).

Tämän työn tarkoituksena on ollut kehittää lämpötilamalli, jonka avulla voidaan laskea taimen elinympäristön lämpöolot käyttäen lähtötietoina

Ilmatieteenlaitoksen säähavaintoasemilla tekemiä havaintoja. Mallin soveltaminen ja varmentaminen tehtiin Paltamon Kivesvaarasta mitattujen pitkäaikaisten tulosten (Kubin & Kemppainen 1991, 1994) perusteella. Tarkastelun kohteena on juuristosyvyys (−5 cm), verson korkeus ensimmäisinä vuosina (+10 cm) ja standardi säähavaintokoju (2 m). Maanmuokkauksista mallintamisessa on mukana piennaraurauksen palle.

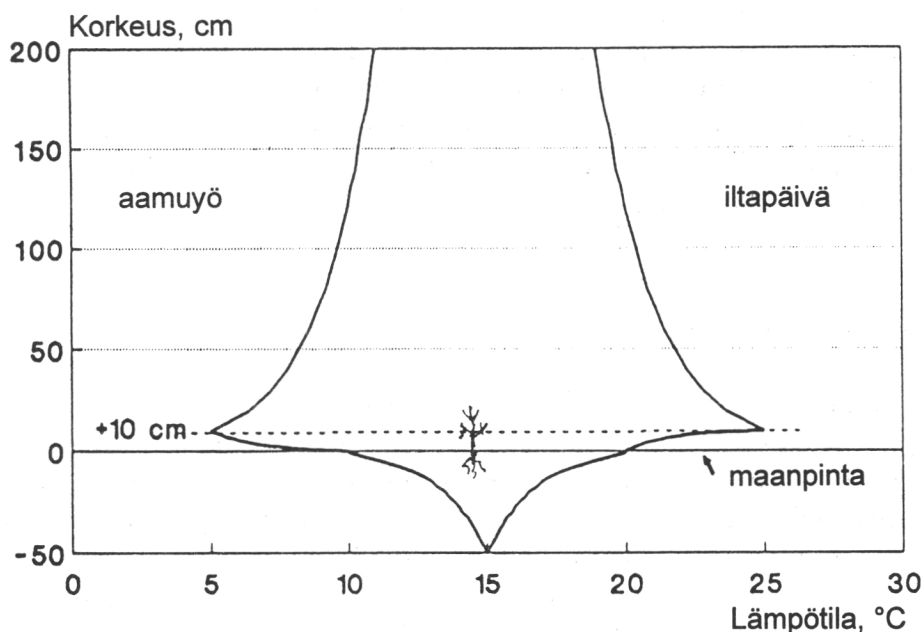
Mallin avulla voidaan hahmottaa melko tarkasti mitkä tahansa mielenkiintoiset kesät menneisyydestä ja tulevaisuudessa sitä mukaa kuin Ilmatieteen laitos mittaustuloksiaan julkaisee. Tarkastelun kohteeksi voidaan tarvittaessa ottaa useita kesiä, jotka ovat edeltäneet esimerkiksi taimikoissa havaittuja tuhoja. Malli antaa mahdollisuuden tarkastella lämpöoloja taimen kasvun kannalta tärkeinä ajanjaksoina kuten esimerkiksi verson pituuskasvun, neulasten pituuskasvun, juuriston kasvun tai latvasilmun muodostumisen ajalta. Mallin eräs keskeinen tavoite on kuvata taimen kasvun kannalta epäedulliset sääjaksot kesäkuukausien ajalta mahdollisimman tarkoin. Epäedullisia sääjaksoja voivat olla esimerkiksi pitkät hellejaksot, jolloin päivälämpötilat ovat erittäin korkeita tai selkeät, tyynyt yöt, jolloin yöhallat ovat mahdollisia tai erityisen kylmät sääjaksot, jolloin tehoisaa lämpösummaa kertyy vähän.

2. Menetelmät

Mallin avulla laskettiin erikseen vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilat eri tasoilla (+2 m, +10 cm, −5 cm). Lasketut minimi- ja maksimilämpötilat yhdistettiin cosini-käyrällä (Gupta ym. 1981). Eri maanmuokausaloilla mallin soveltamisessa (Beck 1983) käytettiin kesän 1976 ja mallin varmentamisessa (Beck 1983) kesän 1977 mittaustuloksia. Muokausjäljen pienmuotojen oletettiin muuttuneen yhden vuoden aikana merkityksettömän vähän. Ilmatieteen laitoksen säähavainnoista (Suomen meteorologinen vuosikirja, osa 1 1976, 1977) käytettiin mallissa vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilaa, vuorokautista sademäärää, tuulennopeutta ja pilvisyyttä. Malli tulostaa lämpötilat neljän tunnin välein ympäri vuorokauden alkaen kesäkuun alusta ja päättyen elokuun loppuun. Lämpötilakäyrä on sovitettu siten, että vuorokauden minimilämpötila osuu kello 4:n kohdalle aamuyöhön ja vuorokauden maksimilämpötila kello 16:n kohdalle iltapäivään.

2.1 Muokkaamaton ja muokattu ala mallintamisessa

Malli perustuu sekä muokkaamattomalla että muokatulla alalla lämpöenergian siirtymiseen ilmassa toimivasta pinnasta (+10 cm) iltapäivisin ylöspäin (Bjor 1972, Brække 1972) ja kylmän ilman kerrostumiseen tyy-ninä, selkeinä öinä lähelle maanpintaa (Campbell 1977) (kuva 1). Muokatulla alalla lämpöenergiaa siirtyy kuitenkin iltapäivisin enemmän maa-han ja öisin puolestaan enemmän ilmaan kuin muokkaamattomalla alal-la. Tämä johtuu siitä, että muokatun maan pinnasta puuttuu eristävä sam-mal- ja humuskerros ja muokatulla alalla lämpöenergian siirtymisessä mukana oleva pinta-ala on muokkaamatonta alaa suurempi.



Kuva 1. Lämpötilagradientti muokkaamattomalla avohakkuualalla tyy-nen selkeän sään vallitessa. Teoreettinen tarkastelu.

2.2 Tuulen, pilvisyyden ja sateen huomioiminen mallintamisessa

Tuuli vaikuttaa sekä yöllä että päivällä maanpinnan läheisyydessä esiintyviin lämpötilaeroihin, sillä se sekoittaa muodostuvia ilmakerroksia (Garrett & Hicks 1973). Pilvisuus vaikuttaa voimakkaasti maanpinnan säteilytaseisiin (Franssila 1949, Gates 1980) ja tätä kautta lämpötilaeroihin. Myös maaperän ja maanpinnan kosteudella (Cremer & Leuning 1985, Leuning & Cremer 1988) ja siten sademäärällä on vaikutusta maanpinnan läheisiin lämpötilaeroihin.

Tässä työssä pilvisyyden, tuulen ja sademäärän vaikutus määriteltiin siten, että tietokoneohjelma (NAG) laski pilvisyydelle, tuulenopeudelle ja sademäärille kertoimet [kl1(14), kl2(14), kl3(kul), kaava 1 ja kl1(08), kl2(08), kl3(ed), kaava 2], joiden arvolla mitattujen ja laskettujen lämpötilojen välisten erojen summa sai minimiarvon. Laskennassa lämpötilojen alkuarvoerona käytettiin tyynien selkeiden öiden eroa vuorokauden minimilämpötilojen osalta ja tyynien selkeiden iltapäivien eroa vuorokauden maksimilämpötilojen osalta. Pilvisyyden mittana käytettiin asteikkoa 0/8–8/8 täysin selkeästä täysin pilviseen. Tyyniksi selkeiksi öiksi luokiteltiin yöt, jolloin tuulenopeus oli alle 3 m/s ja pilvisuus alle 3/8. Tyyniksi selkeiksi iltapäiviksi luokiteltiin iltapäivät, jolloin tuulenopeus oli alle 5 m/s ja pilvisuus alle 3/8. Tällaisia tyyniä, selkeitä öitä oli kesällä 1976 15 ja tyyniä, selkeitä iltapäiviä 8. Käytetyssä lämpötilamallissa (kaavat 1 ja 2) pilvisyyden muuttuja sai kokonaislukuarvon välillä 0–8. Tuulenopeusmuuttujan yksikkö oli m/s ja sademäärän mm/vuorokausi.

$$T_{\max}(\text{las}) = T_1(\text{lähtö}) + T_1(\text{ero}) + kl1(14) \times pilvi_1 + kl2(14) \times tuuli_1 + kl3(kul) \times sade_1 \quad (1)$$

missä

$T_{\max}(\text{las})$ = mallin avulla laskettu vuorokauden maksimilämpötila

$T_1(\text{lähtö})$ = vuorokauden maksimilämpötila laskennan lähtötasolla

$T_1(\text{ero})$ = laskennan lähtötason ja laskettavan tason välinen lämpötilaero selkeiden tyynien iltapäivien ajalta

kl1(14) = pilvisyyden kerroin

kl2(14) = tuulenopeuden kerroin

kl3(kul) = sateen kerroin

$pilvi_1$ = pilvisuus (0–8) kello 14

$tuuli_1$ = tuulenopeus (m/s) kello 14

$sade_1$ = sademäärä (mm)

$$T_{\min}(las) = T_2(l\ddot{a}ht\ddot{o}) + T_2(ero) + kl1(14) \times pilvi_2 + kl2(14) \times tuuli_2 + kl3(ed) \times sade_2 \quad (2)$$

missä

$T_{\min}(las)$ = mallin avulla laskettu vuorokauden minimilämpötila

$T_2(l\ddot{a}ht\ddot{o})$ = vuorokauden minimilämpötila laskennan lähtötasolla

$T_2(ero)$ = laskennan lähtötason ja laskettavan tason välinen lämpötila-ero selkeiden tyynien aamuöiden ajalta

$kl1(08)$ = pilvisyyden kerroin

$kl2(08)$ = tuulennopeuden kerroin

$kl3(ed)$ = sateen kerroin

$pilvi_2$ = pilvisuus (0–8) kello 08

$tuuli_2$ = tuulennopeus (m/s) kello 08

$sade_2$ = sademäärä (mm)

Vuorokauden minimilämpötilojen laskennassa käytettiin tuulennopeutta ja pilvisyyttä, jotka oli mitattu aamulla kello 8 ja edellisen vuorokauden sademäärää. Vuorokauden minimilämpötila saavutetaan aamuyöllä ja kello 8 oli aamuyötä lähinnä ollut Kajaanin sääaseman käyttämä tuulennopeuden ja pilvisyyden mittausajankohta. Vuorokauden maksimilämpötilojen laskennassa käytettiin tuulennopeutta ja pilvisyyttä, jotka oli mitattu kello 14 ja sademäärää, joka saatiin laskemalla yhteen edellisen vuorokauden sademäärä ja 1/3-osaa kuluva vuorokauden sademäärästä. Syynä tähän oli se, että sateen alkamis- ja loppumisajankohdat eivät ole tiedossa, joten kello 14:ään mennessä tulleen sateen määrästä ei ollut tarkkaa tietoa.

Tässä työssä käytettiin maan sisällä esiintyvien lämpötilojen laskennassa kojussa mitattuja lämpötiloja, vaikka teorian mukaan laskennassa pitäisi käyttää +10 cm:n tason lämpötiloja. Näin tehtiin siksi, että kojun ja maan lämpötilojen välinen korrelaatio oli selvästi korkeampi kuin +10 cm:n tason ja maan lämpötilojen välinen korrelaatio. Viimeksimainittujen paikkojen välinen alhainen korrelaatio johtui ilmeisesti siitä, että ilman lämpötilan muutokset maanpinnan läheisyydessä ovat vuorokauden kuluessa niin nopeita, etteivät maaperän lämpötilat ehdi seurata muutoksia kovin hyvin.

Eri maanmuokkausaloilla sekä vuorokauden minimi- että maksimilämpötilojen laskennassa Ilmatieteen laitoksen ilmoittamaan tuulennopeuden eteen otettiin kerroin 0,58, sillä tuulennopeus oli Kajaanin säähavaintoasemalla mitattu 10 metrin korkeudelta. Tuulennopeus hidastuu maata kohti siirryttäessä logaritmikäyrää noudattaen (Campbell 1977, Lee

1978) ja mallissa käytettiin yhden metrin korkeudella vallitsevaa tuulennopeutta. Kajaanin ja Kivesvaaran välisessä laskennassa käytettiin Kajaanin sääasemalta mitattua tuulennopeutta sellaisenaan.

3. Tulokset

Tähän tiedonantoon on valittu laajemmasta mallintamistyöstä kolme esimerkkitasoa kuvaamaan lyhyesti saatuja tuloksia. Valitut tasot ovat kahden metrin korkeudella oleva avohakatulle alalle sijoitettu standardi säähavaintokoju, muokkaamattoman alan toimiva pinta (+10 cm maanpinnasta ylöspäin) ja piennarauratun alan palle (-5 cm maanpinnasta alaspäin).

3.1 Vuorokauden minimi- ja maksimilämpötilojen laskentaa varten saadut kertoimet

Ilmassa (+10 cm) tuulennopeuden, pilvisyyden ja sateen vaikutusta minimilämpötilaan kuvaavat kertoimet olivat erimerkkisiä vastaavan lämpötilaeron kanssa (taulukko 1). Suurin kerroin tuulelle (0,32) ja pilvisyydelle (0,42) oli kojun (+2 m) ja muokkaamattoman alan (+10 cm) välillä. Ilman (+2 m) ja maan (-5 cm) välillä tuulennopeuden, pilvisyyden ja sateen vaikutusta kuvaavat kertoimet olivat samanmerkkisiä kuin vastaava lämpötilaero ja pilvisyyden osalta pienempiä kuin vastaavat kertoimet ilmassa.

Taulukko 1. Vuorokauden minimilämpötilan eron suuruuteen vaikuttavat pilvisyyden [kl1(08)], tuulennopeuden [kl2(08)] ja sateen [kl3(ed)] kertoimet. $T_2(ero)$ on laskennan lähtötason ja laskennan tason lämpötilaero tyynen selkeän sään vallitessa.

Laskennan lähtötaso	Laskettu taso	$T_2(ero)$ °C	Pilvi (0-8) kl1(08)	Tuuli (m/s) kl2(08)	Sade (mm) kl3(ed)
Kajaani, koju	Kivesvaara, koju	3,5	-0,34	-0,19	-0,08
Kivesvaara, koju	käsitt., +10 cm	-4,0	0,42	0,32	0,17
Kivesvaara, koju	palle, -5 cm	1,4	0,11	0,16	0,15

Ilmassa (+10 cm) pilvisyyden ja sateen vaikutusta maksimilämpötilaan kuvaavat kertoimet olivat erimerkkisiä kuin vastaava lämpötilaero (taulukko 2). Ilman (+2 m) ja maan (–5 cm) välillä kertoimet olivat yleensä samanmerkkisiä kuin vastaava lämpötilaero. Kajaanin säähavaintoaseman kojun ja Kivesvaaran kojun välinen tuulennopeuden vaikutusta kuvaava kerroin oli nolla.

Laskettaessa mallin avulla vuorokauden minimi- ja maksimilämpötiloja taulukon 1 arvot sijoitettiin kaavaan 2 ja taulukon 2 arvot kaavaan 1. Ilmatieteen laitoksen vuosikirjasta saatiin vastaavat tuulennopeuden, pilvisyyden ja sateen arvot.

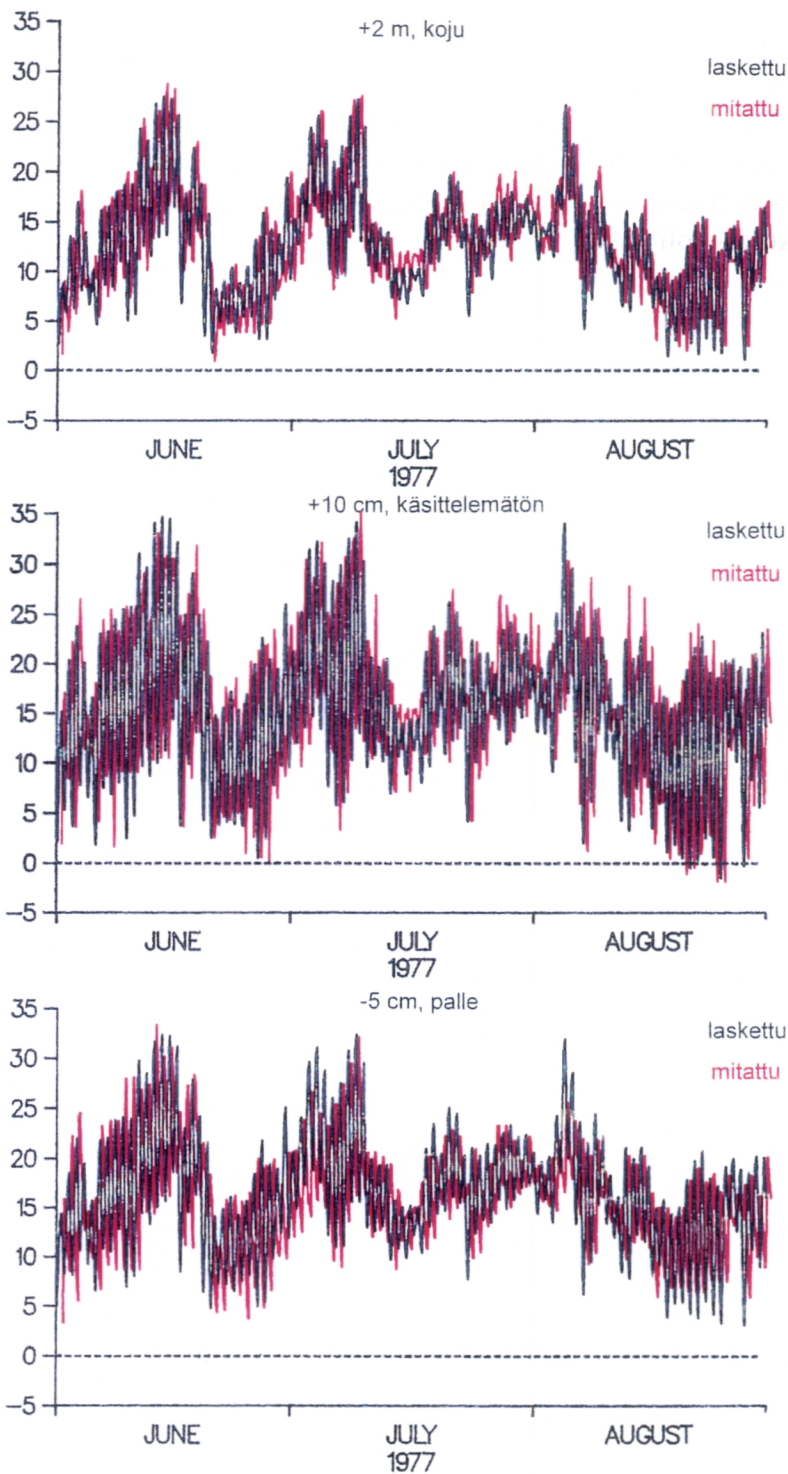
Taulukko 2. Vuorokauden maksimilämpötilan eron suuruuteen vaikuttavat pilvisyyden [kl1(14)], tuulennopeuden [kl2(14)] ja sateen [kl3(kul)] kertoimet. $T_1(\text{ero})$ on laskennan lähtötason ja laskennan tason lämpötilaero tyynen selkeän sään vallitessa.

Laskennan lähtötaso	Laskettu taso	T2(ero) °C	Pilvi (0–8) kl1(14)	Tuuli (m/s) kl2(14)	Sade (mm) kl3(kul)
Kajaani, koju	Kivesvaara, koju	0,1	–0,20	0,00	–0,05
Kivesvaara, koju	käsitt., +10 cm	7,1	–0,11	0,08	–0,12
Kivesvaara, koju	palle, –5 cm	4,5	0,09	0,16	–0,03

3.2 Lasketut ja mitatut lämpötilat

Lasketun ja mitatun maksimilämpötilan välinen ero vaihteli kojussa (+2 m) siten, että välillä mitattu arvo oli korkeampi kuin laskettu arvo ja välillä tilanne oli päinvastainen (kuva 2). Myös minimilämpötilojen välinen ero vaihteli saman periaatteen mukaisesti. Vallitseva säätyyppi tai kesän eteneminen eivät vaikuttaneet eron suuruuteen.

Lasketun ja mitatun vuorokautisen maksimilämpötilan välinen ero vaihteli satunnaisesti +10 cm:n korkeudella muokkaamattomalla alalla. Kesän edistymisen tai vallitseva säätyyppi ei vaikuttanut erojen suuruuteen. Lasketun ja mitatun vuorokautisen minimilämpötilan välinen ero vaihteli satunnaisesti muokkaamattomalla alalla eikä kesän eteneminen vaikuttanut eron suuruuteen.



Kuva 2. Mallin avulla lasketut (musta) ja mitatut (punainen) lämpötilat avoalalla kojussa (+2 m), käsittelemättömällä alalla ilmassa (+10 cm) ja auratulla alalla maassa (palle (-5 cm)).

Lasketuista ja mitatuista lämpötiloista koostettujen lämpösummien välinen ero vaihteli 0,3 %:n ja 3,2 %:n välillä eri maanmuokkauksissa ja eri tasoilla (taulukko 3). Toisinaan lasketuista tuloksista koostettu lämpösumma oli suurempi ja toisinaan pienempi kuin mitatuista tuloksista koostettu lämpösumma. dd- yksiköissä esitetyt lämpösummaerot vaihtelivat -22 dd:n ja +3 dd:n välillä. Kaikkien mitattujen ja laskettujen lämpötilojen välinen selitysaste (R^2) vaihteli 0,72:n ja 0,84:n välillä eri tasoilla (taulukko 4). Korkein selitysaste (0,88) oli kojun (+2 m) vuorokautisilla maksimilämpötiloilla ja alhaisin käsittelemättömän alan (+10 cm) vuorokautisilla minimilämpötiloilla.

Taulukko 3. Mitatuista ja lasketuista lämpötiloista koostetut lämpösummat. Havaintojakso 1.6.–31.8.1977.

Taso	Laskettu d.d.	Mitattu d.d.	Ero d.d.	Ero %
Koju, +2 m	718	696	-22	3,2
Käsittelemätön, +10 cm	980	989	9	0,9
Palle, -5 cm	1066	1063	3	0,3

Taulukko 4. Mitattujen ja laskettujen lämpötilojen väliset selitysasteet (R^2). Selitysasteet on laskettu erikseen vuorokautisille maksimi- ja minimilämpötiloille sekä kaikille havainnoille.

Taso	Maksimi- lämpötilat	Minimi- lämpötilat	Kaikki havainnot
Koju, +2 m	0,88	0,81	0,84
Käsittelemätön, +10 cm	0,73	0,84	0,72
Palle, -5 cm	0,76	0,75	0,84

4. Tulosten tarkastelu

Ilmassa +2 metrin tason ja +10 cm:n tason välisen vuorokauden minimilämpötilan eron suuruuteen vaikuttavat kertoimet (pilvisuus, tuulenopeus ja sade) olivat erimerkkisiä vastaavan lämpötilaeron kanssa. Tämä merkitsee sitä, että tuuli, pilvisuus ja maanpinnan kosteus pienentävät yöllä esiintyvää +2 metrin tason ja +10 cm:n tason välistä lämpötilaeroa. Vastaavalla tasoerolla vuorokauden maksimilämpötilan eron suuruuteen vaikuttavista kertoimista pilvisyyden ja sateen kertoimet olivat erimerkkisiä vastaavan lämpötilaeron kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että pilvisuus ja maanpinnan kosteus pienentävät iltapäivällä esiintyvää +2 metrin tason ja +10 cm:n tason välistä lämpötilaeroa. Tuulenopeuden vaikutusta kuvaava kerroin oli samanmerkkinen kuin vastaava lämpötilaero, joka merkitsee sitä, että tuuli hieman suurentaa lämpötilaeroa. Tämä ilmiö saattaa johtua siitä, että tuulenopeus pienenee nopeasti maanpinnan läheisyydessä ja tuuli sekoittaa tehokkaammin ilmaa +2 metrin tasolla kuin +10 cm:n tasolla.

Vuorokauden minimilämpötilan laskennassa käytetty tuulenopeus ja pilvisuus on mitattu aamulla kello 8, mutta vuorokauden minimilämpötila esiintyy yleensä aamulla noin kello 4 (Helminen 1987). Pilvisuus ja tuulenopeus voivat kuitenkin muuttua merkittävästi kello 4 ja kello 8 välillä, josta aiheutuu virhettä vuorokautisen minimilämpötilan laskentaan.

Maan (-5 cm) ja +2 metrin tason (koju) välisen lämpötilan eron suuruuteen vaikuttavat kertoimet olivat yleensä samanmerkkisiä vastaavan lämpötilaeron kanssa sekä vuorokauden minimi- että vuorokauden maksimilämpötilojen osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että pilvisuus, tuuli ja maanpinnan kosteus kasvatti +2 metrin tason ja -5 cm:n tason lämpötilaeroa. Päivälämpötilojen eron kasvaminen johtui ilmeisesti siitä, että pilvisuus, tuuli ja sade laskivat molempien tasojen lämpötilaa mutta 2 metrin tasolla lämpötila laski enemmän ja tästä seurasi lämpötilaeron kasvu. Yöllä tuuli ja pilvet vähensivät kylmän ilmakerroksen muodostumista lähelle maanpintaa. Tästä syystä maasta johtui vähemmän lämpöenergiaa ilmaan, maa säilyi lämpimänä ja lämpötilaero kojun (+2 m) ja maan (-5 cm) välillä kasvoi.

Sekä ilmassa (+2 m, +10 cm) että maassa (-5 cm) lasketun ja mitatun vuorokauden maksimilämpötilan, vuorokauden minimilämpötilan ja kaik-

kien havaintojen väliset selitysasteet (Gunst & Mason 1980) olivat melko korkeita.

Laskettujen ja mitattujen vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilojen välisten erojen maksimi-arvot olivat suuria. Nämä suuret maksimi- ja minimierojen arvot johtuivat ilmeisesti läpi kesän jatkuneissa mittauksissa esiintyvistä suhteellisen harvinaisista mittari- ja tallennusvirheistä, joita pitkissä mittaussarjoissa joskus esiintyy. Maan termodiffusiviteetti ei kasva lineaarisesti, vaan laskee maan vesipitoisuuden kasvaessa yli 15 %:n kokonaistilavuudesta (Campbell 1977, Van Wijk & De Vries 1963). Myös tämä seikka saattaa tässä mallissa aiheuttaa virheitä laskettaessa maan lämpötiloja.

Naotin ja Mahrerin (1989) mallissa maasta (−10 cm), Guptan ym. (1981) mallissa maasta (−5 cm), Wierengan ym. (1970) mallissa maasta (−2 cm) ja Stathersin ym. (1985) mallissa maasta (−15 cm) mitatun ja lasketun vuorokauden maksimilämpötilan välinen ero vaihteli 6 °C:n ja 2 °C:n välillä ja vastaava vuorokauden minimilämpötilan ero vaihteli 4 °C:n ja 0,1 °C:n välillä. Maasta em. malleissa mitatun ja lasketun vuorokauden maksimilämpötilan ero oli selvästi suurempi kuin tämän tutkimuksen vastaavan eron keskiarvo. Em. malleissa myös mitatun ja lasketun vuorokauden minimilämpötilan välinen ero oli yleensä suurempi kuin tämän tutkimuksen vastaavan eron keskiarvo. Em. malleissa lämpötilat oli mitattu ja laskettu ainoastaan 2–6 vuorokauden mittaisille ajanjaksoille.

Mallin avulla laskettuja lämpötiloja voidaan käyttää taimen elinympäristön lämpöolojen kuvaajana hyvin, koska mitattujen ja laskettujen lämpötilojen erot olivat suhteellisen pieniä ja säätyyppi tai kesän eteneminen eivät vaikuttaneet erojen suuruuteen. Myös lasketuista ja mitatuista lämpötiloista koostettujen lämpösummien erot olivat pieniä, joten kalliita ja työläitä lämpötilojen maastomittauksia voidaan vähentää.

Kirjallisuus

- Beck, M. 1983. A procedure for modelling. Julkaisussa: Orlob, G. (toim.) *Mathematical modelling of water quality: Streams, Lakes and Reservoirs*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto—Singapore. s. 11–41.
- Bjor, K. 1972. Micro-temperature profiles in the vegetation and soil surface layers on uncovered and twig-covered plots. *Meddelser fra det Norske Skogforsøksvesen* 30: 203–218.

- Brække, F. 1972. Vanneholdning og mikroklima på ulike myrtyper. Meddelser fra Det Norske Skogforsøksvesen 119. 134 s.
- Campbell, G. 1977. An introduction to environmental biophysics. Springer-Verlag. New York. 159 s.
- Cremer, K. & Leuning, R. 1985. Effects of moisture on soil temperature during radiation frost. Australian Forest Research 15: 33–42.
- Franssila, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava. Helsinki. 257 s.
- Garratt, J. & Hicks, B. 1973. Momentum, heat and water vapour transfer to and from natural and artificial surfaces. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 99: 680–687.
- Gates, M. 1980. Biophysical Ecology. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 611 s.
- Gunst, R. & Mason, R. 1980. Regression analysis and its application. A data-oriented approach. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel. 402 s.
- Gupta, S., Radke, J. & Larson, W. 1981. Predicting temperatures of bare and residue covered soils with and without a corn crop. Soil Science Society of America Journal 45: 405–412.
- Helminen, V. A. 1987. Lämpöolot. Suomen kartasto. Vihko 131: 4–10. Maanmittaushallitus, Suomen maantieteellinen seura.
- Kubin, E. & Kemppainen, L. 1991. Effect of clearcutting of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions. Acta Forestalia Fennica 225. 34 s.
- & Kemppainen, L. 1994. Effect of soil preparation on boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. Acta Forestalia Fennica 244. 56 s.
- Lee, R. 1978. Forest microclimatology. Columbia University press. New York. 276 s.
- Leikola, M. 1979. Lapin oman tutkimustoiminnan laajeneminen. Julkaisussa: Leikola, M. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forestry research in guiding forest policy and management in Finnish Lapland. Silva Fennica 13(1): 31–34.
- Leuning, R. & Cremer, K. 1988. Leaf temperatures during radiation frost. Part 1. Observations. Agricultural and Forest Meteorology 42: 121–133.
- NAG Fortran Library Manual. 1991. Mark 15. Volume 4.
- Naot, O. & Mahrer, Y. 1989. Modelling microclimate environments: A verification study. Boundary-Layer Meteorology 46: 333–354.
- Pohtila, E. 1979. 1960-luvun vastoinkäymiset. Julkaisussa: Leikola, M. (toim.). Tutkimustoiminta Lapin metsien hoidon ja käytön suuntaajana. Summary: The role of forestry research in guiding forest policy and management in Finnish Lapland. Silva Fennica 13(1): 22–24.
- Stathers, R., Black, T. & Novak, M. 1985. Modelling soil temperature in forest clearcuts using climate station data. Agricultural and Forest Meteorology 36: 153–164.
- Suomen meteorologinen vuosikirja, osa 1. 1976, 1977. Ilmatieteen laitos.

- Tolvanen, A. & Kubin, E. 1990. The effect of clearcut and site preparation on microclimate, soil frost and forest regeneration at elevated sites in Kuusamo. *Aquilo Ser. Botanica* 29: 77–86.
- Valkonen, S. 1992. Forest regeneration at high altitudes in Northern Finland. *Folia Forestalia* 791. 69 s.
- Valtanen, J. 1988. Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä. Summary: Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland. *Folia Forestalia* 718. 35 s.
- Van Wijk, W. & De Vries, D. 1963. Periodic temperature variations in a homogeneous soil. Julkaisussa: Van Wijk, W. (toim.). *Physics of plant environment*. 102–140. North-Holland publishing company. Amsterdam. s. 102–140.
- Wierenga, P. & de Wit, C. 1970. Simulation of heat transfer in soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 34: 845–848.

Kulotuksessa palavan hakkuutähteen ja humuksen määrä sekä niistä vapautuvat ravinteet

Eero Kubin ja Mervi Puustinen

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 MUHOS ja
Oulun yliopisto, Kasvitieteen laitos
Linnanmaa, 90570 OULU

Kulotusta tutkittiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen yhteisellä koekentällä Suomussalmen Riuskassa. Tutkimus oli osa laajaa metsänuudistamiskoetta, jossa selvitetään luontaisen uudistamisen, viljelyn ja kylvön onnistumista eri tavoin muokatulla metsämaalla. Hakkuutähteet, humus, kasvillisuus ja karike kerättiin 70 koealalta ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen ja niiden määrä laskettiin hehtaaria kohti. Hakkuutähteiden määräksi saatiin ennen kulotusta 22 800 kg/ha, josta kulotuksessa paloi lähes 90 %. Humusta, kasvillisuutta ja kariketta oli vastaavasti 54 500 kg/ha ja tästä määrästä paloi yli puolet. Erillisistä kokoomanäytteistä määritettiin eri komponenttien typpi-, fosfori-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet. Kulotuksessa palaneesta biomassasta laskettiin vapautuneen hehtaaria kohti kaikkiaan noin 370 kg typpeä, 40 kg fosforia, 70 kg kaliumia ja 230 kg kalsiumia.

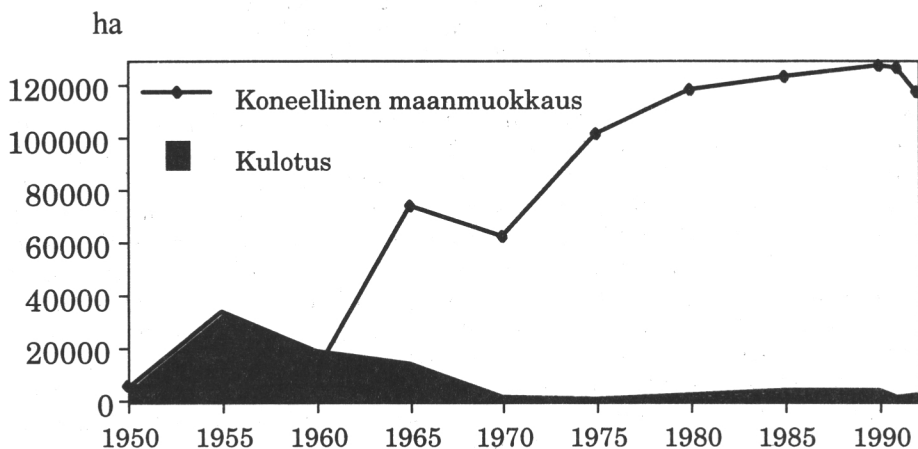
1. Johdanto

Tuli on kuulunut kiinteästi metsiemme ekologiseen kiertoon metsäpalojen, kaskenpolton tai kulotuksen muodossa. Säännöllisin väliajoin toistuneet metsäpalot ylläpitivät metsien monimuotoisuutta ja myös kaskenpolto vaikutti huomattavasti metsien ikärakenteen nuorentumiseen ja lehtipuumetsien lisääntymiseen (Heikinheimo 1915, Osara 1949, Zackrisson 1977). Metsänhoidollinen kulotus yleistyi 1920-luvun jälkeen ja sen suosio oli suurimmillaan 1950-luvun puolivälissä, jolloin kulotuspintaalat olivat yli 30 000 ha/v (Aarne 1993). 1960-luvulla koneellinen maanmuokkaus syrjäytti kulotuksen, jonka käyttö on pysynyt siitä asti vähäisenä (kuva 1).

Viime aikoina kiinnostus luonnonmukaisempiin maankäsittelymenetelmiin, kuten kulotukseen on lisääntynyt. Kulotus onkin ekologisilta vaikutuksiltaan pitkälti rinnastettavissa metsäpaloihin. Metsäpalojen vähentyttyä kulotusalueiden merkitys palaneesta puusta riippuvaisen ekologisen monimuotoisuuden säilymiselle on huomattava, sillä ne tarjoavat elinalueen monille metsäpaloalueille tyypillisille lajeille. Kulotuksella on

myös positiivinen vaikutus maaperään, sillä tuhkan emäksiset yhdisteet neutraloivat maata ja lisäävät maaperän puskurointikykyä happamien sateiden vaikutuksia vastaan (Viro 1969).

Kulotuksen ekologisia vaikutuksia pohjoisissa havumetsissä on tutkittu suhteellisen vähän. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli saada tietoa kulotuksessa palavan biomassan määrästä ja ravinteista.



Kuva 1. Kulotuspinta-alat vuosina 1950–92.

2. Aineisto

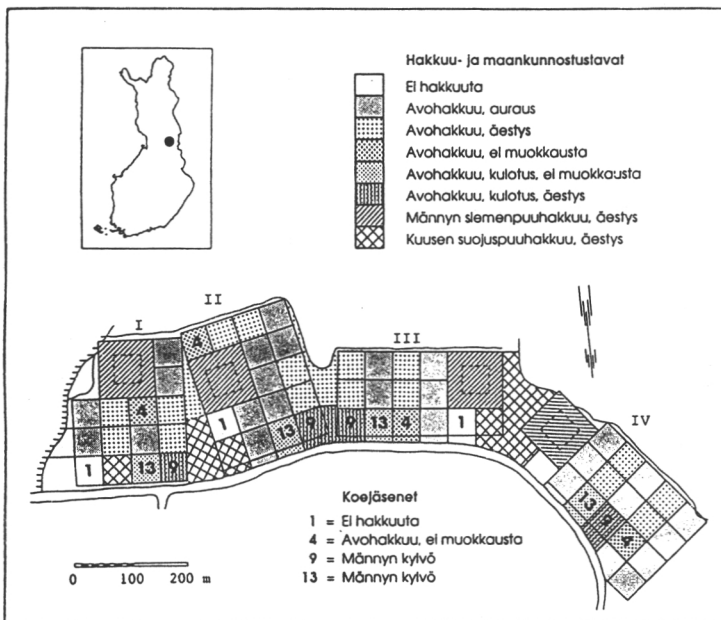
Suomussalmen pohjoisosaan perustettiin vuosina 1990–91 Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen yhteistoimin metsänuudistamisen koekenttä, missä tutkittiin myös kulotusta. Koekenttä sijoittuu Metsähallituksen Kiannan hoitoalueen Riuskan toimintapiiriin pohjoisboreaalisen vyöhykkeen etelärajalle ($65^{\circ}16' N$, $28^{\circ}51' E$). Alueella vallitseva metsätyyppi on *Hylacomium-Myrtillus*-tyyppi (HMT).

Koekentän perustustyöt ja hakkuut tehtiin vuosina 1990–91 ja alue kulotettiin kesäkuussa 1993. Tutkimuskenttä koostuu neljästä lohokosta, jotka on jaettu 50×50 metrin koeruutuihin. Tutkimusaineisto on kerätty ruuduilta 9 ja 13 (kuva 2).

Hakkuutähteet kerättiin 70 näytealalta ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen. Näytealat olivat neliömetrin kokoisia ja ne oli sijoitettu satunnaisesti koeruuduille. Hakkuutähde lajiteltiin runkopuihin, isoihin oksiin (halkaisija yli 1 cm), pieniin oksiin, neulasiin, lehtiin, käpyihin ja muu-

hun hakkuutähteeseen. Samoilta näytealoilta kerättiin myös humus, aluskasvillisuus ja karike 30 x 30 cm:n alueelta. Materiaali lajiteltiin humukseen, neulasiin, lehtiin, juuriin, varpuihin, ruohoihin, sammaliin ja muuhun karikkeeseen. Osakomponentteihin lajiteltuja näytteitä kertyi kaikkiaan 3 360 kpl. Näytteet punnittiin ja osakomponenteille laskettiin keskiarvot (kg/ha) sekä palamisprosentit.

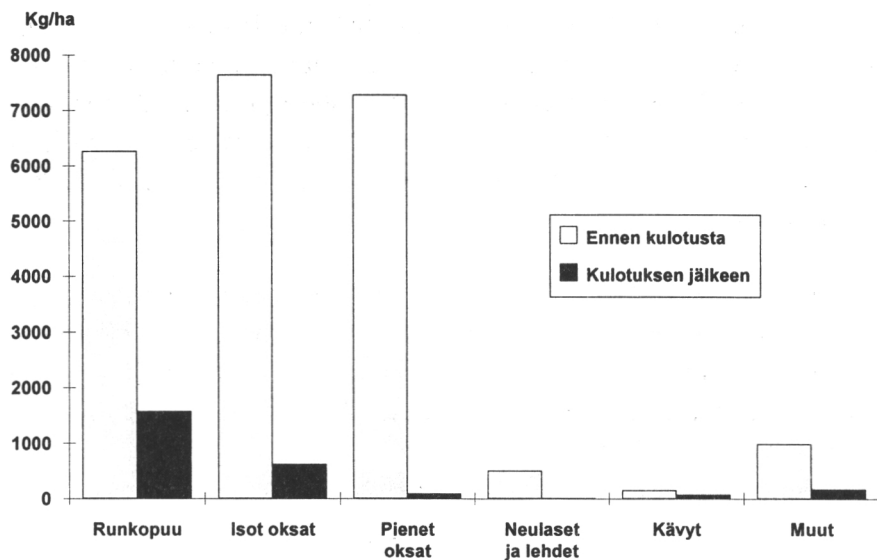
Humusnäytteistä sekä ennen kulotusta kerätyistä hakkuutähteistä tutkittiin kokonaisravinteet. Ravinneanalyysinäytteet (yht. 108 kpl) jauhettiin ja niistä määritettiin typpi prosentti sekä kokonaisfosfori, -kalium ja -kalسيوم Metsäntutkimuslaitoksella käytössä olevien työohjeiden mukaan (Halonen ja Tulkki 1981).



Kuva 2. Riuskan koekenttä.

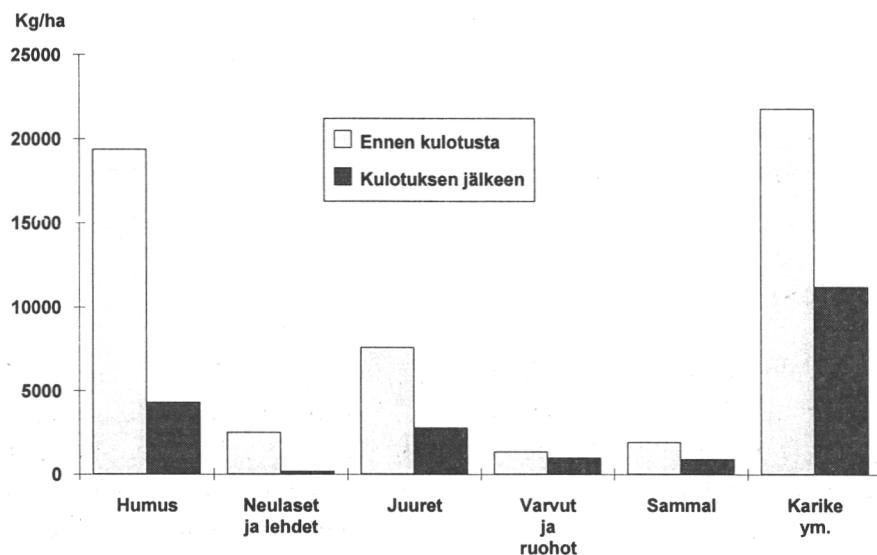
3. Tulokset

Ennen kulotusta hakkuutähteitä oli n. 22 800 kg/ha, mistä isoja oksia oli 33 %, pieniä oksia 32 % ja runkopuuta 27 % (kuva 3). Neulasten, lehtien, käpyjen ja muun hakkuutähteen osuus oli yhteensä n. 7 %. Kulotuksessa runkopuusta paloi 75 %, isoista oksista 92 %, pienistä oksista 99 %, lehdistä 100 %, neulasista 99 %, kävyistä 54 % ja muusta hakkuutähteestä 83 %. Kaikkiaan hakkuutähteistä paloi lähes 90 %. Kulotuksessa palamatta jäänyt materiaali koostui pääosin järeästä runkopuusta ja isoista oksista.

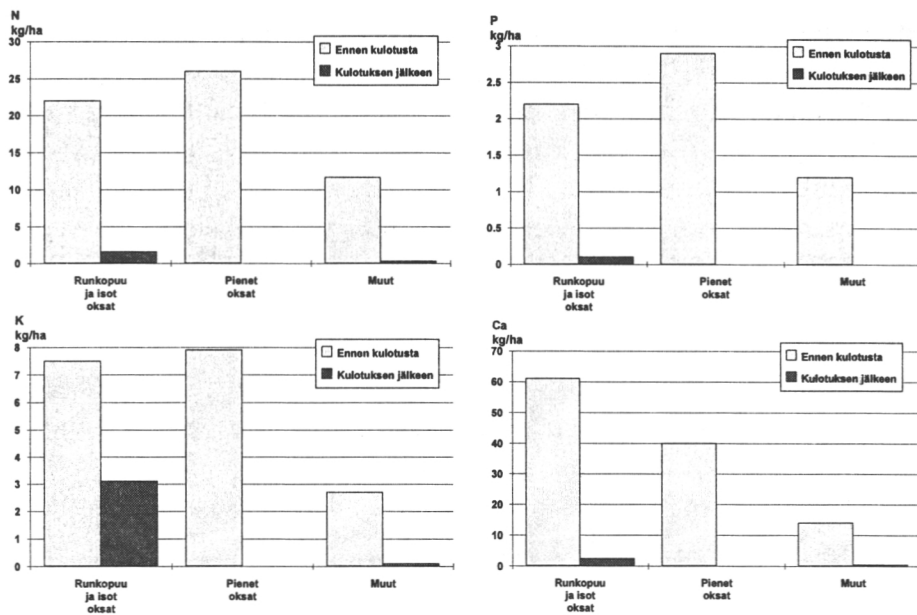


Kuva 3. Hakkuutähteiden määrä ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen.

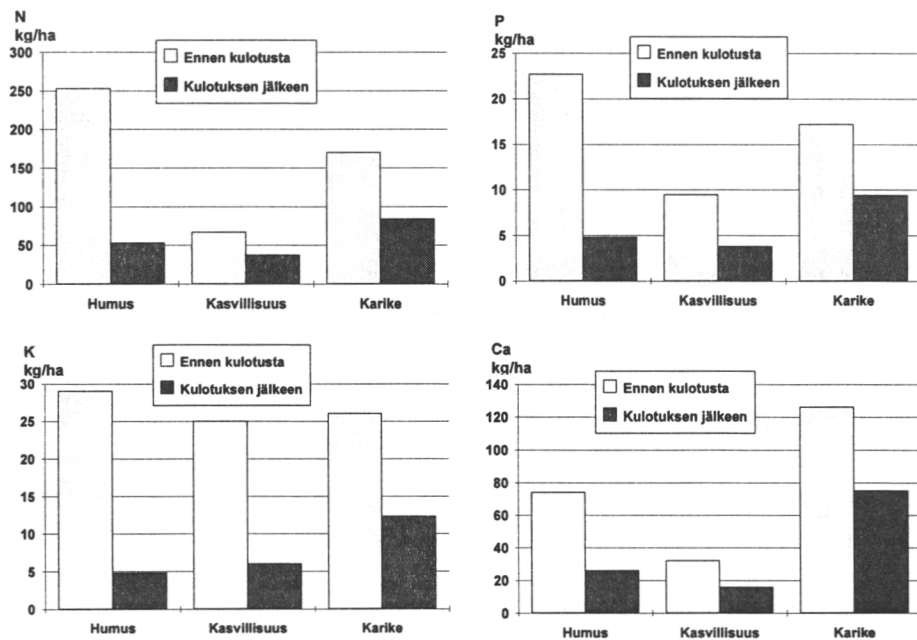
Humusta, kariketta ja kasvillisuutta oli hakkuualueella ennen kulotusta n. 54 500 kg/ha (kuva 4). Kulotuksessa humuksesta paloi 78 %, karikkeesta 68 %, neulasista 93 %, lehdistä 100 %, juurista 68 % ja kasvillisuudesta 43 %. Keskimäärin biomassasta paloi reilusti yli puolet. Kokonaisuudessaan kulotus onnistui hyvin ja hakkuualueen kokonaisbiomassasta paloi yli 70 %. Alueellinen vaihtelu oli paikoin huomattavaa hakkuutähteiden määrän ja maan kosteuden vaihtelusta johtuen.



Kuva 4. Humuksen, karikkeen ja kasvillisuuden määrät ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen.



Kuva 5. Typen, fosforin, kaliumin ja kalsiumin määrät hakkuutähteissä ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen.



Kuva 6. Typen, fosforin, kaliumin ja kalsiumin määrät humuksessa, kasvillisuudessa ja karikkeessa ennen kulotusta ja kulotuksen jälkeen.

Hakkuutähteisiin laskettiin sitoutuneen hehtaaria kohti noin 60 kg typpeä, 6 kg fosforia, 18 kg kaliumia ja 115 kg kalsiumia (kuva 5). Vastaa-
vasti humukseen, kasvillisuuteen ja karikkeeseen laskettiin sitoutuneen
490 kg typpeä, 50 kg fosforia, 80 kg kaliumia ja 230 kg kalsiumia (kuva
6). Kaikkiaan kulotuksesta palaneesta biomassasta vapautui typpeä
370 kg/ha, fosforia 40 kg/ha, kaliumia 70 kg/ha ja kalsiumia 230 kg/ha.

4. Loppusanat

Pohjoisissa paksusammalkuusikoissa orgaanisen aineksen hajoaminen on hidasta ja ravinteita poistuu kierrosta karikkeen mukana kunttakerrokseen. Erityisesti tyypestä on pulaa, sillä vain pieni osa kokonaistyypestä on kasveille käyttökelpoisessa, liukoisessa muodossa.

Kulotuksessa pyritään polttamaan hakkuutähteet ja aluskasvillisuus sekä osa paksusta kunttakerroksesta ja palauttamaan niihin sitoutuneet ravinteet kiertoon. Myös kasvualustan ominaisuudet muuttuvat samalla edullisemmiksi metsän uudistamisen kannalta. Kulotuksen onnistumiseen vaikuttavat kuitenkin useat tekijät, kuten hakkuutähteiden määrä ja laatu, sää, metsätyyppi jne. ja ravinnevaikutukset ovat yksilöllisiä. Pääsääntöisesti vaikutukset ovat kuitenkin positiivisia. Vaikka esim. suuri osa tyypestä haihtuu savukaasujen mukana ja osa ravinteista liukenee alempiin maakerrokseen, kompensoituu häviö lisääntyneenä mineralisaationa maan lämpötilan ja pH-luvun nousun myötä. (Ugglä 1957, Viro 1969, Chandler ym. 1983).

Tässä tutkimuksessa Suomussalmen Riuskan koekentällä kulotus onnistui hyvin ja suurin osa hakkuutähteistä paloi. Hakkuutähteistä ja muusta palaneesta materiaalista vapautui fosforia kaksinkertainen, typpeä kolminkertainen ja kalsiumia lähes nelinkertainen määrä verrattuna kivennäismaiden NP-lannoitusosuuteen.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim. -ed.). 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. Yearbook of Forest Statistics 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993: 5. Metsäntutkimuslaitos. 317 s.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Traubaud, L. & Williams, D. 1983. Fires in forestry 1. Forest fire behaviour and effects. John Wiley & Sons. New York. 450 s.

- Halonen O. & Tulkki H. 1981. Ravinneanalyysien työhöjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1–23.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Acta Forestalia Fennica 4: 1–413.
- Osara, N. 1949. Kulovalkeat. Teoksessa: Kalela, E. (toim.). Suuri metsäkirja 1. WSOY. Porvoo. s. 455–481.
- Uggla, E. 1957. Mark- och lufttemperaturer vid hyggesbränning samt eldens inverkan på vegetation och humus. Norrlands Skogvårdsförbunds tidskrift 4: 443–500.
- Viro, P.J. 1969. Prescribed burning in forestry. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(7): 1–49.
- Zackrisson O. 1977. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. Oikos 29: 22–32.

Lehteentulon ja ruskaantumisen vuotuinen vaihtelu pohjoisella metsänrajalla

Saini Heino

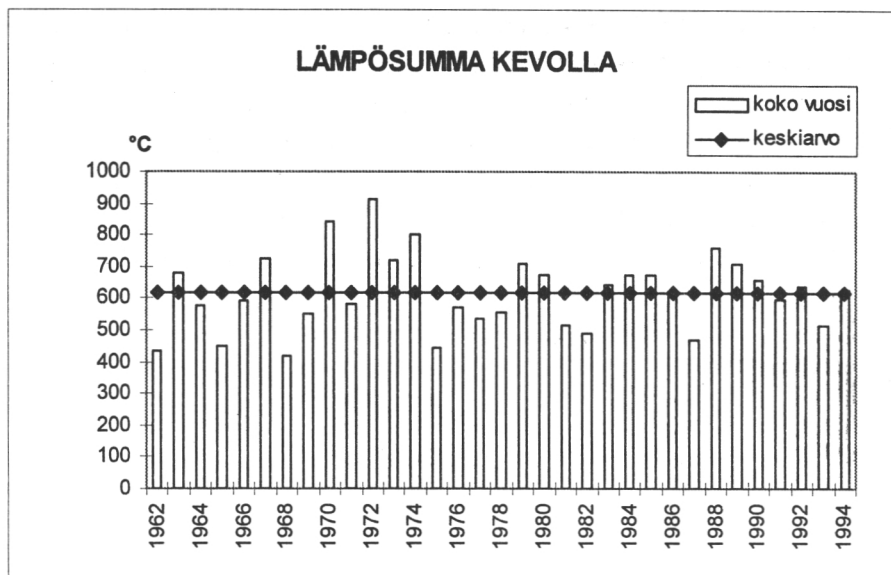
Turun yliopisto, Lapin tutkimuslaitos Kevo
20500 TURKU

Utsjoen Kevolla pohjoisen mäntymetsänrajan tuntumassa havaintoja koivun fenologiasta on tehty vuodesta 1980 lähtien. Lehteentulo on tapahtunut aikaisimmillaan jo 23.5. (1984, 1989) ja myöhäisimmillään vasta neljä viikkoa myöhemmin eli 24.6. (1993). Ruskan ensimmäiset merkit ilmestyvät keskimäärin 25.8. Kevolla ruska on kauneimmillaan keskimäärin 10.–12.9. Aikaisin ruska on ollut tutkimusjaksolla vuosina 1992 ja 1994, jolloin ruska oli 6.–7. syyskuuta ja myöhäisin vuonna 1993, jolloin koivu alkoi kellastua vasta syyskuun puolivälissä. Ruskan värikkyyys vaihtelee vuosittain sääoloista riippuen.

1. Tutkimuksen taustaa

Kasvien ja eläinten fenologisten eli vuodenaikaisilmiöihin perustuvien tapahtumien seurannalla on pitkä perinne. Varsinkin pohjoisilla leveysasteilla, missä on selvä vuodenaikaisrytmi, nämä ilmiöt ovat erityisen mielenkiintoisia. Ruotsalainen kasvitieteilijä Carl von Linné organisoï ensimmäisen järjestelmällisen fenologisen seurannan jo vuonna 1751 (Johansson 1945). Se toteutettiin sekä Suomessa että Ruotsissa. Utsjoki mainitaan fenologisten havaintojen paikkaluettelossa niinkin varhain kuin vuonna 1758. 1700-luvun loppupuolelta tietoja löytyy harvakseltaan. Niinpä esim. koivun lehteenpuhkeamisen mainitaan Utsjoella tapahtuneen 19.6.1795 tai 25.6.1797! 1800-luvulta tietoja kukkimisesta ja lehtien puhkeamisesta löytyy jo runsaasti. Suomen Talousseuran ja Suomalaisen Tiedeakatemian ansioksi on luettava fenologisen havaintoverkoston perustaminen ja kehittäminen Suomessa.

Lapin tutkimuslaitos Kevo (69°45' N, 27°01' E) sijaitsee pohjoisen mäntymetsänrajan tuntumassa Utsjoella Kevojärven rannalla. Asema on perustettu vuonna 1956. Alue kuuluu fennoskandiseen koivumetsävyöhykkeeseen, jossa tunturikoivu on vallitseva puulaji (Hämet-Ahti 1963). Tavallista suotuisammista paikallisista ilmasto-oloista johtuen Utsjoen jokilaaksoissa kasvaa kuitenkin erillinen mäntymetsä. Varsinainen mäntymetsänraja kulkee noin 60 km Kevolta etelään noudatellen noin 600 lämpösumma-asteen rajaa. Kevolla vuoden keskilämpö on -2°C ja keskimääräinen kasvukauden lämpösumma 616 astetta ($+5^{\circ}\text{C}$) (kuva 1).



Kuva 1. Kasvukauden lämpösumma (+5 °C) Kevolla 1962–94.

2. Fenologiaa Kevolla

Kevo on ollut 1960-luvulta lähtien mukana havainnoimassa fenologisia ilmiöitä. Saksan Ilmatieteen laitoksen organisoiman kansainvälisen fenologisen ohjelman mukaisesti perustettiin Eurooppaan eri leveysasteille fenologisia puutarhoja, joihin istutettiin tietyt samat puu- ja pensaslajit. Tulokset näistä havainnoista julkaistaan vuosittain raportissa "Arboreta phaenologica", jossa Kevokin edelleen on mukana kuusihavainnoiltaan.

Suomessa eniten tutkittuja fenologisia ilmiöitä ovat puiden ja pensaiden kukinta-ajat. Turun yliopistossa toimii aerobiologinen työryhmä, jolla on keräyspisteitä eri puolilla Suomea. Tähän tutkimukseen kuuluva Suomen pohjoisin itiönkerääjä on ollut Kevolla vuodesta 1976 lähtien. Keräyspaikoilta saatujen tietojen perusteella laaditaan nykyisin päivittäin julkaistava siitepölytiedote, jonka laatiminen aloitetaan varhain keväällä, ja havainnointia jatketaan syyskuuhun asti.

Kevolla aloitettiin 1970-luvun lopulla fenologinen seuranta, jossa havaintolajeiksi valittiin 24 aseman lähellä yleisenä kasvavaa putkilokasvia, mm. alueella yleiset puut, koivu ja mänty (taulukko 1). Ensimmäisistä on seurattu kukkimisen alkamisajankohtaa ja vain koivulla (tunturikoi-

vu) lehtien puhkeamista ja ruskaantumista. Seurattavien lajien havaintopaikat on merkitty maastoon. Havaintoja pyrittiin aluksi tekemään yksilökohtaisesti. Se osoittautui kuitenkin hankalaksi joidenkin lajien kohdalla, koska sama yksilö ei kukkinut joka vuosi. Nykyisin onkin seurattu merkityn kasvuston (esim. kurjenkanerva, hilla, sielikkö, uuvana) ensimmäisenä aukeavaa kukkaa. Koivulla pölytyksen huippua määritettäessä on käytetty apuna myös aerobiologisen työryhmän havaintoja (The Finnish Pollen Bulletin 1980–94). Koivun lehteentulon ajankohdaksi on valittu se vaihe, jolloin lehtilapa on jo jonkin verran avautunut ja maisema alkaa hennosti vihertää.

Taulukko 1. Kevon fenologialajien luettelo.

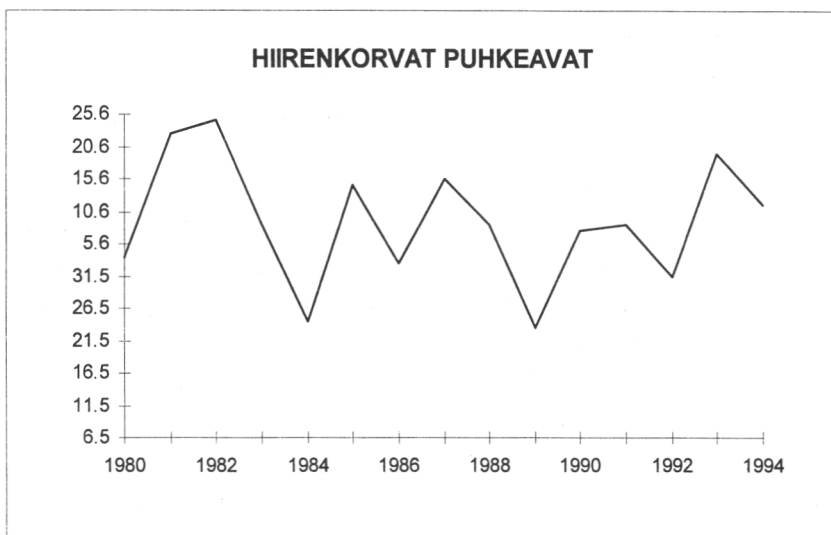
<i>Arctostaphylos alpina</i> , riekonmarja	<i>Prunus padus</i> , tuomi
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> , sianpuolukka	<i>Ranunculus peltatus</i> , järvisätkin
<i>Astragalus alpina</i> , tunturikurjenherne	<i>Rubus arcticus</i> , mesimarja
<i>Betula nana</i> , vaivaiskoivu	<i>Rubus chamaemorus</i> , hilla
<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>tortuosa</i> , tunturikoivu	<i>Salix phylicifolia</i> , kiiltopaju
<i>Cornus suecica</i> , ruohokanukka	<i>Salix xerophila</i> , kangaspaju
<i>Diapensia lapponica</i> , uuvana	<i>Solidago virgaurea</i> , kultapiisku
<i>Empetrum hermaphroditum</i> , variksenmarja	<i>Sorbus aucuparia</i> , pihlaja
<i>Epilobium angustifolium</i> , maitohorsma	<i>Trollius europaeus</i> , kullero
<i>Loiseleuria procumbens</i> , sielikkö	<i>Vaccinium myrtillus</i> , mustikka
<i>Phyllodoce caerulea</i> , kurjenkanerva	<i>Vaccinium uliginosum</i> , juolukka
<i>Pinus sylvestris</i> , mänty	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> , puolukka

Kevään edistymisen ja ruskan ajankohdan seuraamiseksi on otettu valokuvia samoista maisemakohteista vuosittain samoina päivinä. Viime vuosina on kuvattu myös tiettyjä, samoja koivuja ruskan värimuodostuksen seuraamiseksi.

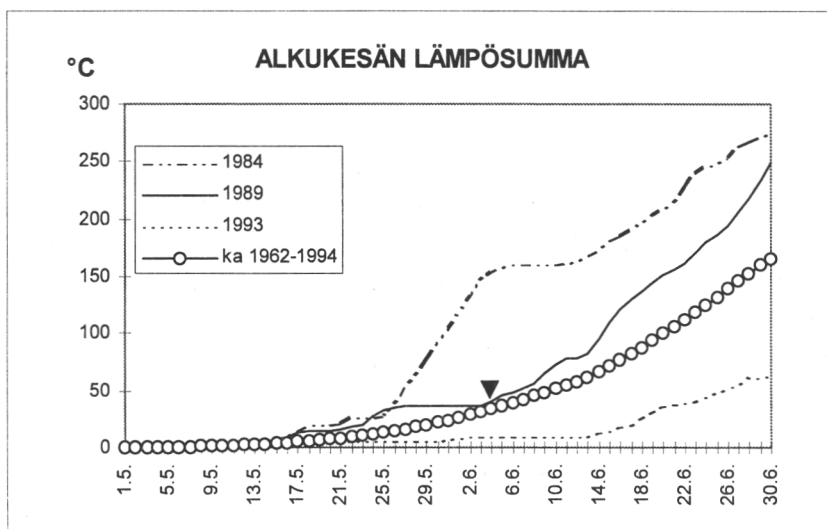
3. Koska koivu on hiirenkorvalla Kevolla?

Koivun fenologiaa on seurattu vuosina 1980–94. Koivun lehtien puhkeamisen ajallinen vaihtelu Kevolla on ollut noin neljä viikkoa (kuvat 2 ja 3). Koivun kukinta (pölytys) alkaa normaalisti muutamaa päivää hiirenkorvavaiheen jälkeen. Kevolla aikaisin koivun lehteentulo on havaintovuosien aikana tapahtunut 23.5. (1984, 1989), ja myöhäisimmillään koivu on ollut hiirenkorvalla vasta 24.6. (1993). Verrattaessa näitä havaintoja 1800-luvulla tehtyihin havaintoihin (Moberg 1885, 1894), voidaan todeta koivun lehtien puhjenneen tuolloin keskimäärin myöhem-

min kuin nykyisin, yleensä kesäkuun 20. päivän paikkeilla ja myöhäisimmillään 29.6. (vuosina 1821 ja 1883). Havaintopaikka on kuitenkin 1800-luvulla ollut Kevoa hieman pohjoisempänä, (69°52' N, 27°01' E). Syynä havaintojen erilaisuuteen saattaa olla myös se, että tuolloin on mahdollisesti laskettu puhkeamisajaksi lehden myöhäisempi kehitysvaihe.



Kuva 2. Koivu hiirenkorvalla Kevolla vuosina 1980–94.



Kuva 3. Lämpösunnan kehitys alkukesällä 1984, 1989 ja 1993 sekä vuosien 1962–94 keskiarvo. Vuonna 1984 kevät edistyi hyvin nopeasti niin, että esim. suurin osa fenologiaalajeista oli kukassa jo kesäkuun alussa. Lämpösunnan (+5 °C) on hiirenkorvien puhjetessa kertynyt keskimäärin 36° eli keskimäärin koivu on Kevolla hiirenkorvalla 4.6.

4. Kevon kesä keikkuen kuluvi!

Kesä tulee Lapissa yleensä nopeasti, mutta sen eteneminen saattaa katketa äkilliseen kylmään kauteen, peräkkäisiin hallaöihin ja jopa lumisaateisiin. Kesäkuussa Kevolla on satanut lunta useinkin. Viime vuosikymmenien mainittavin lumisade sattui vuonna 1992, jolloin juhannuksen alla satoi lunta yhden yön aikana tuntureilla noin puoli metriä lumen säilyessä maassa pari päivää. Heinäkuun aikana ei Kevolla tehtyjen mittausten mukaan ole esiintynyt hallaöitä. Elokuu taas on lumettomin kuu-kausi, jolloin ainoa tiedossa oleva räntäsade oli 31.8.1989.

Kasvukausi alkaa Kevolla keskimäärin 30.5. Aikaisin tässäkin suhteessa on ollut vuosi 1989, jolloin kesä alkoi 14.5., ja myöhäisin vuosi 1993, jolloin kesä alkoi 13.6. Keskimääräinen kasvukauden pituus Kevolla on 110 vrk. Pisin kasvukausi tarkastelujaksolla on ollut 136 vrk (1989) ja lyhin 81 vrk (1993). Lämpösummaa kasvukaudella kertyy keskimäärin 616 astetta (vuosien 1962–94 keskiarvo). Suurin lämpösumma Kevolla tehtyjen mittausten mukaan on ollut vuonna 1972, jolloin lämpösumman kertymä oli 913°. Vuosien 1980–94 aikana epäedullisimmat kesät ovat olleet kesät 1982 (lämpösumma 487°) ja 1987 (lämpösumma 469°).

5. Ruskaantuminen

Ruska on etenkin Pohjois-Suomessa käytetty nimitys kasvien syysväriytyksestä. Syksyisin maisemaa leimaavat keltaiset ja punaiset värit. Pohjoisen Lapin näkyvin ruskapuu on yleensä keltaiseksi muuttuva tunturikoivu. Toinen Pohjois-Lapin yleinen koivu, vaivaiskoivu, muuttuu ruskaväriytyksessään punaiseksi. Vaivaiskoivun punaisuutta on hybridisaation ja introgression kautta siirtynyt myös tunturikoivuun niin, että osa tunturikoivuista on syksyisin oranssinvärisiä, osa jopa kokonaan punaisia. Yleensä punalehtiset koivut ruskaantuvat aikaisemmin kuin keltalehtiset.

Ruskailmiö liittyy kasvien karaistumiseen niiden valmistautuessa talvi-lepoon. Lehtivihreän hävittäessä lehdistä tulevat näkyviin sen peittäminä olleet keltaisia ja oransseja värisävyjä aikaansaavat karotenoidit ja punaisia värisävyjä tuottavat antosyaaniväriaineet, jotka muodostuvat usein vasta syksyllä.

Fysiologisesti ruska oletetaan induktiotapahtumaksi, jonka saa aikaan tietty yön pituus. Tapahtumaan ei tämän jälkeen muilla ulkoisilla tekijöillä olisi suurtakaan vaikutusta, ja näin ollen ruska alkaisi vuosittain samaan aikaan. Päivän pituuden merkitys ruskan aikaansaamiseksi on osoitettu Kevolla peittokokein. Aiheuttamalla keinotekoinen pimeävaihe (esim. 12 tunnin yö, 10 vrk) heinäkuun lopussa saadaan ”keinoruska” aikaan helposti esim. riekonmarjalla, juolukalla ja vaivaiskoivulla (Kallio 1981).

Alkavan ruskan merkkejä havaitaan yleensä elokuun viimeisellä viikolla, keskimäärin 25.8., kun koivuihin ilmestyy keltaisia lehtiä. Kevolla ruska on kauneimmillaan keskimäärin 10.–12.9. Aikaisin ja värikkäin ruska näiden fenologiavuosien aikana on ollut vuonna 1994, jolloin koivut olivat täydessä ruskassa jo 6.–7.9. Aikaisimmat punaiset koivut saivat syysvärinsä jo elo—syyskuun vaihteessa. Myöhäisin ruska on ollut vuonna 1993, jolloin koivut säilyivät vihreinä aina syyskuun puoliväliin asti. Tuolloin kunnollisia ruskavärejä ei muodostunut ollenkaan, vaan vielä syyskuun lopulla koivut olivat lähes täydessä lehdessä. Lokakuun alkuun mennessä noin kolmannes lehdistä oli pudonnut, ja vasta lokakuun pakkasten myötä koivu pudotti lehtensä.

Vertailtaessa vuosia 1993 ja 1994 keskenään voidaan todeta, että kesä 1993 oli sääoloiltaan epäedullinen. Useimmilla kasveilla siemenet eivät ehtineet kypsyä, kasvukausi jäi lyhyeksi ja lämpösumma alhaiseksi. Pilvisten päivien määrä/kuukausi vaihteli kasvukaudella 14 ja 22 päivän välillä. Myös kesä 1994 alkoi viileänä ja sateisena, mutta syksyä kohden pilvisten päivien määrä/kuukausi väheni; heinäkuussa 11, elokuussa 8, syyskuussa 13. Kasvukauden 1994 lämpösumma (625°) oli lähellä Kevon pitkän ajan (1962–94) keskiarvoa (616°). Hallaöitä alkoi olla jo elokuun puolivälin jälkeen, kun taas syksyllä 1993 pakkasyöt alkoivat vasta syyskuun puolella.

6. Yhteenveto

Lehteentulo koivulla pohjoisella metsänrajalla tapahtuu aikaisimmillaan noin viikko sen jälkeen, kun pitkä arktinen päivä on alkanut. Tapahtuma on vahvasti lämpöolosuhteitten määräämä, sillä valoa kesän alussa on runsaasti ja kosteutta talven jälkeen riittävästi. Lämpösummaa on lehtien puhjetessa kertynyt keskimäärin 36° (19–55°), ja sen mukaisesti keskimääräinen koivun lehteentulo Kevolla tapahtuu 4.6. (23.5.–24.6.).

Ruska on Kevolla parhaimmillaan keskimäärin 10.–12.9. Vaihtelu aikaisimman ja myöhäisimmän ruskan välillä on noin kaksi viikkoa. Mutta mitä myöhäisemmäksi ruska siirtyy, sitä vaisummaksi jää värien muodostuminen, ja on jopa mahdollista, että koivun lehdet vain ruskettuvat ilman erityistä ruskaväritystä.

Vaikka ruskan alkaminen selitetään pääosin valorytmin aikaansaamana, on ilmeistä, että ruskan etenemisessä ja värien muodostumisessa myös lämpö- ja kosteusolosuhteilla on merkitystä. Näin ollen voisi olettaa, että kauniin ruskan syntyminen edellyttää kasvukauden kehittymistä normaalisti, ja syksyn värien, etenkin punasävyyden muodostuminen vaatii pakasöitä ja kuulakkaita päiviä.

Kirjallisuus

- Arborea Phaenologica Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Internationaler Phaenologischer Gärten 14(1970)–38(1993). Offenbach am Main.
- The Finnish Pollen Bulletin 5(1980)–19(1994). Aerobiology Unit, University of Turku. Turku.
- Hämet-Ahti, L. 1963. Zonation of the mountain birch forests in northernmost Fennoscandia. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 34(4). 127 s.
- Johansson, O.V. 1945. Det fenologiska observation materialet i Finland och provstudier av samma. *Bidrag till kännedom af Finlands Natur och Folk* 88(8). 118 s.
- Kallio, P. 1981. Ruska. *Kasvien maailma* 4: 1696–1670. Otava.
- Moberg, A. 1885. Fenologiska iakttagelser i Finland år 1856-1875. *Finska Litteratursällskapet, Helsingfors*. 322 s.
- Moberg, A. 1894. Fenologiska iakttagelser i Finland åren 1750-1845. *Finska Litteratursällskapet, Helsingfors*. 165 s.

Metsän uudistumiseen vaikuttavista tekijöistä Kainuun vaara-alueilla

Matti Oikarinen, Jouni Karhu ja Jorma Pasanen

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema
Kirkkosaarentie 7, 91500 MUHOS

Hyvänä siemenvuonna luontaisen uudistamisen onnistumispotentiaali on mitattava ja sirkkataimia syntyy kymmeniä tuhansia hehtaarille. Maanpinnan käsittelymenetelmällä ei alkuvuosina ole suurta merkitystä, vaan muokatun pinnan suhteellinen osuus on taimimäärien kannalta ratkaiseva. Siemen myös leviää siementävästä puustosta yllättävän kauas, mikä lisää joustavuutta uudistuskaistojen leveyden, pienten aukkojen muotoilun ja siemenpuiden sijoittelun suhteen. Tainten kuolleisuus oli ensi vuosina suuri. Varsinkin männyn tainten terveys heikkeni nopeasti, mikä enteilee vaikeuksia jatkossa.

1. Johdanto

Uudistamisen onnistumiseen vaikuttavat monet kasvupaikan, maaperän ja ilmaston ominaisuudet sekä biottiset tekijät niin monimutkaisella tavalla, että ilmiön mallintaminen on vaikeaa. Maaperän fysikaaliset, kemialliset ja vesitalouteen liittyvät ominaisuudet ovat uudistamisen kannalta keskeisiä. Ilmaston osalta ovat vastaavassa asemassa lämpöön, valoon ja sademäärään liittyvät ominaisuudet. Biottiset tekijät pitävät sisällään kasvupaikan elollisen ympäristön monitahoiset vaikutukset hirsivistä ja jäniksistä mikroskooppisen pieniin leviin ja bakteereihin saakka. Kun kaikki mainitut tekijät ovat keskinäisessä riippuvuussuhteessa toisiinsa, vuorovaikutusverkosta tulee niin monimutkainen, että täsmällisten ennustemallien laatiminen on hyvin vaikeaa ellei mahdotonta. Esim. sääsuhteiden ennustaminen vain muutama päivä eteenpäin on epävarmaa, mutta monessa tapauksessa niiden vaikutus uudistamiseen on hyvinkin nopea ja voimakas. Maaperällisten, ilmastollisten ja biottisten tekijöiden tutkiminen on lisäksi hankalaa sen vuoksi, että näihin ihminen voi vaikuttaa vain vähän tai useissa tapauksissa ei ollenkaan. Järjestettyjä kokeita selkeine vaihtoehtoineen ei voida järjestää, vaan joudutaan kärsivällisesti odottamaan luonnon oman aikataulun antamia parametreja. Hyvän havaintoaineiston hankkiminen on vaikeaa, hidasta ja usein hyvästä onnestakin kiinni. Kiusaus ennaikaisiin ja heikosti perusteltuihin, mutta usein pitkälle meneviin, varsinkin vallitsevan paradigman mukaisiin johtopäätöksiin on suuri. Jälkeenpäin virheiden tai puutteellisuuksien korjaaminen voi olla piinallisen hidasta ja vaikeaa. Taval-

lisesti korjaaminen ei onnistukaan ennen kuin kärjistyvät käytännön ongelmat pakottavat tutkimaan, missä on menty vikaan. Ja kaiken vaivan jälkeen joudutaan monissa tapauksissa tyytymään vain suuntaa antaviin todennäköisyyksiin.

Uudistamisen problematiikan kokonaisvaltainen hahmottaminen ja ymmärtäminen edellyttää uudistamisen eri vaiheiden tarkkaa, riittävän pitkäaikaista ja laajaa havainnointia (Kullman 1985), vaikka hajanaista ja epätäsmällistä sellaisenaan hyvin arvokasta tietoa saadaan kaikesta uudistamista sivuavasta tutkimuksesta. Tällaisia hyvin tarkkaan havainnointiin perustuvia tutkimuksia on tehty mm. Heikinheimon (1932), Sarvaksen (1948, 1962, 1968), Vaartajan (1955), Lehdon (1956) ja Yli-Vakkurin (1963) toimesta. Ne osoittivat, että monet tekijät, esim. linnut, hiiret, myyrät, etanat, sienet, kuivuus ja rankkasade, joiden esiintyminen vaihtelee ajan, paikan ja olosuhteiden mukaan erittäin runsaasti, voivat aiheuttaa hyvin suurta tuhoa jo siemen- ja sirkkataimivaiheessa. Suotuisissa olosuhteissa sekä luontaisen uudistamisen että kylvön potentiaali on kuitenkin suuri. Julkaisuihin sisältyvät laajat kirjallisuuskatsaukset auttoivat luomaan uudistamiseen liittyvistä tekijöistä kokonaiskuvan, jonka mukaan uudistamismenetelmiä on myöhemmin kehitetty.

Uudistamiseen tähtäävien hakkuiden valtakunnan laajuinen yleistymisen johti 60-luvun lopulle tultaessa havaintoon, että varsinkin Pohjois-Suomessa uudistaminen oli johtanut liian monissa tapauksissa epätydyttävään lopputulokseen. Tällä perusteella uudistamistutkimusta tehostettiin, missä yhteydessä tapahtui myös Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemaverkoston vahvistaminen. Alkaneen tutkimusbuumin pioneereja olivat Lähde, Pohtila, Valtanen ja myöhemmässä vaiheessa Kinnunen, Saksa ym. vain muutamia mainitakseni. Tutkimus suuntautui uudistamisen ekologisten perusteiden selvittämiseen, uudistamismenetelmien kehittämiseen ja samanaikaisesti tarkentuvaan uudistamisen onnistumisen seurantaan käytännön kentällä. Nykyään vallitsevat näkemykset uudistamisesta ja käytännön uudistamismenetelmät ovat tälle tutkimustyölle perustuvia. Mutta vaikka monet ongelmat on tiedon lisääntyessä ratkaistu ja metsänuudistamisessa toimitaan entistä rationaalisemmin ja tehokkaammin ja epäonnistumiset ovat yhä harvinaisempia, tutkimuksen ja toiminnan kehittämisen tarve on yhä nopeammin muuttuvassa maailmassa ja metsätaloudessa jatkuva.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uudistamistavan ja maanpinnan muokkauksen vaikutusta uudistamistulokseen Kainuun vaara-alueella eräiden esimerkkien valossa.

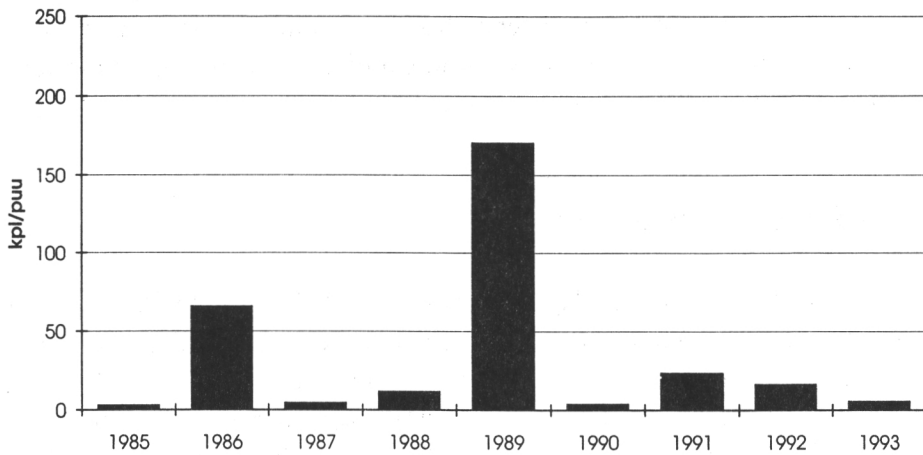
2. Aineisto ja menetelmät

Paljakan tutkimusalueen Kyrönkankaalla (VMT, htMr-htHkMr, hienoainesosuus (raekoko < 0,06 mm) 22–37 %, korkeus merenpinnasta 295 m, kasvukauden tehoisan lämpötilan summa 878 d.d.) ja kahdella läheisellä vertailualalla eli Isokankaalla (EVT, srHk, hienoainesosuus 7 %, 185 m mpy, 922 d.d.) ja Leirikankaalla (EVT, htHkMr, hienoainesosuus 21 %, 217 m mpy, 928 d.d.) seurattiin vuosina 1990–93 taimien syntymistä ja kehitystä kaksi kertaa vuodessa suoritetuin inventoinnein. Uudistamismenetelmät olivat luontainen (kaistalehakkuu, siemenpuuhakkuu, reu-nametsän siemennys), kylvö ja istutus. Maanpinnan käsittelyt olivat korjuukoneen pyörän jälki, kulotus, laikutus, äestys ja ojitus-mätästys. Maanpinnan käsittely tapahtui kesän 1989 aikana ja viljelytoimenpiteet suoritettiin keväällä 1990.

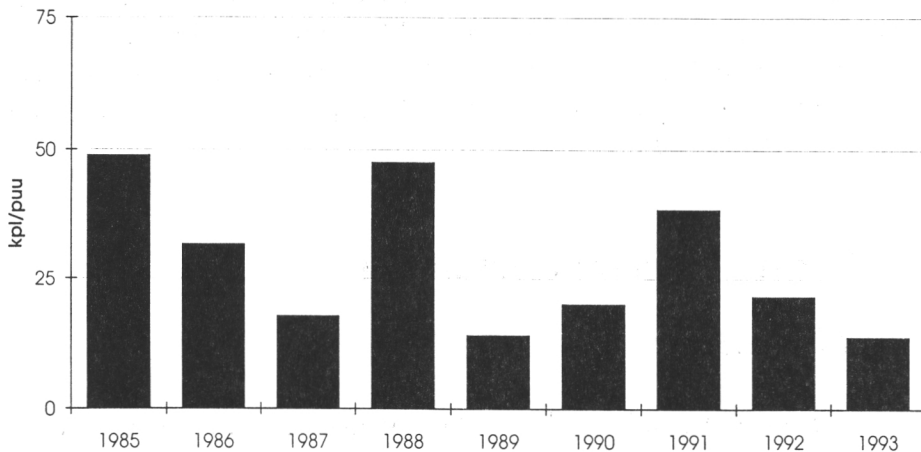
3. Tulokset ja tulosten tarkastelua

3.1 Taimimäärät

Luontaisen uudistamisen lähtökohta on uudistusosalalle tulevan itämiskelpoisen siemenen määrä, jossa Pohjois-Suomen oloissa on huomattavaa vuosittaista vaihtelua. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty Metsäntutkimuslaitoksen Pohjois-Suomen käpysatotiedot 1985–93 Tatu Hokkaselta saadun vielä julkaisemattoman aineiston perusteella. Se antaa parhaan saatavilla olevan käsityksen Kainuunkin tilanteesta, vaikka maakunnassa ei ollut yhtään omaa mittauskohdetta ja Pohjois-Suomessakin kuusella oli vain 9 ja männyllä 14 metsikköä. Ylivoimaisesti parhain käpysato kuusella oli tarkastelukaudella vuonna 1989, jonka siemen varisi maahan kevään 1990 aikana. Männyllä vuoden 1989 käpysato oli vastaavasti kauden heikoin. Siemensadon laadusta ei ole ollut tietoja käytettävissä.



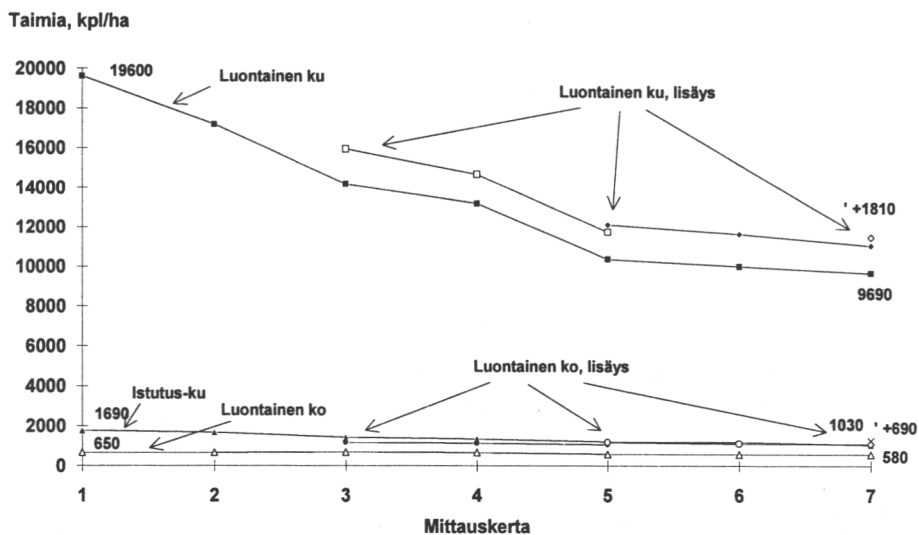
Kuva 1. Kuusen käpysato Pohjois-Suomessa 1985–93.



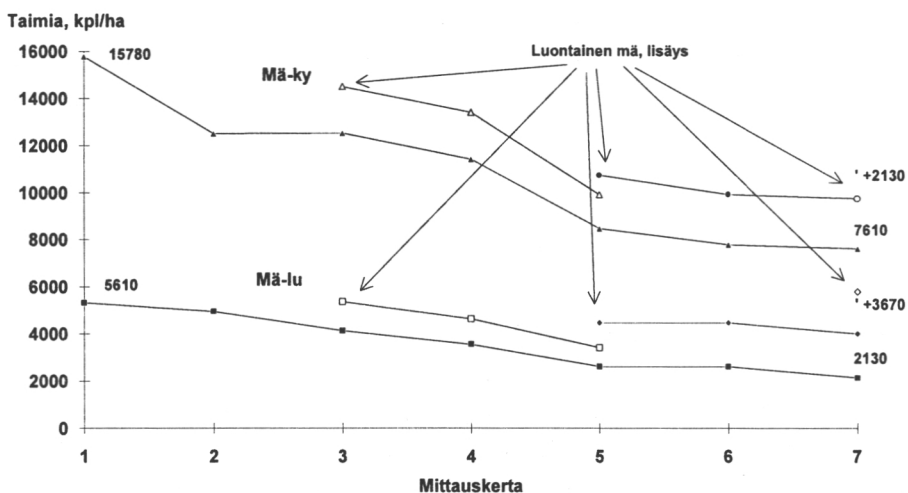
Kuva 2. Männyn käpysato Pohjois-Suomessa 1985–93.

3.1.1 Uudistamistavoittain

Paljakalla luontaisesti syntyneitä kuusen taimia oli ensimmäisessä mitauksessa syksyllä 1990 keskimäärin 19 600 kpl/ha, joista neljän kasvukauden jälkeen syksyllä 1993 hengissä oli 9 690 kpl/ha eli 49 %. Seuraavina kesinä täydentäviä luontaisia kuusen taimia oli tullut 1 810 kpl/ha. Siemensyntyisiä hieskoivuja oli saman kauden lopussa 1 270 kpl/ha (kuva 3).



Kuva 3. Luontainen — istutus -vertailu Paljakalla.



Kuva 4. Luontainen — kylvö -vertailu. Isokangas ja Leirikangas.

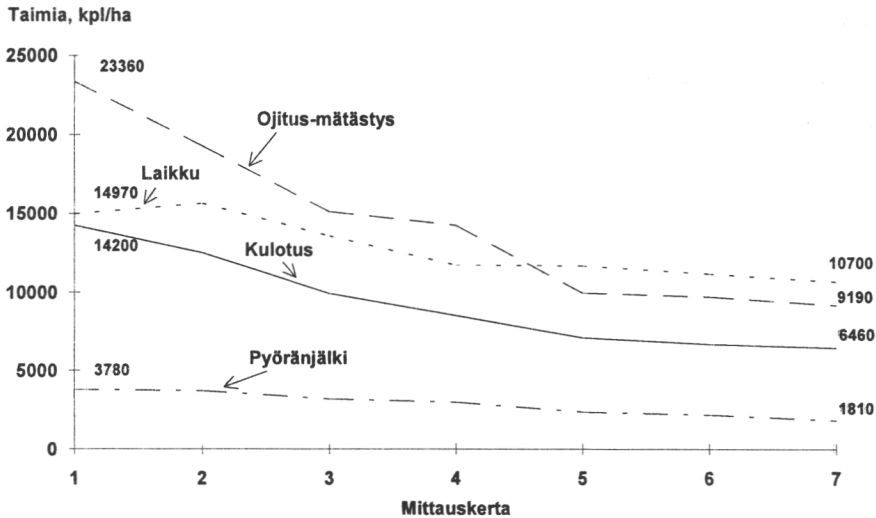
Kuusen istutustiheys Paljakalla oli keskimäärin 2 040 kpl/ha, joista ensimmäisenä syksynä oli hengissä 1 690 kpl/ha ja syksyllä 1993 1 030 kpl/ha eli 50 % alunperin istutetuista (kuva 3).

Isokankaalla pyrittiin männyn uudistamiseen kylväen ja Leirikankaalla siemenpuuasennon kautta. Kylvöstä syntyi ensimmäisenä kesänä 15 780 ja siemenpuualalle 5 610 tainta/ha. Kolmen kasvukauden jälkeen alkuperäisiä taimia oli vastaavasti elossa 7 610 ja 2 130 kpl/ha. Myöhemmin syntyneitä täydentäviä taimia oli tullut kylvöalalle 2 130 ja siemenpuualalle 3 670 kpl/ha (kuva 4).

Myöhemmin syntyneiden taimien siemen on avohakkuualoilla peräisin joko reunametsästä tai kysymys on ensimmäisen vuoden siementen jälki-itämisestä. Jälki-itämistä on tutkittu lähinnä Lappia vastaavissa ilmasto-oloissa. Vuosisadan alun selvityksissä saatiin korkeita jälki-itämislukuja. Lassila (1920) raportoi toisena vuonna 18 % ja kolmantena 11,6 % jälki-itämistä ja Ruotsissa Wibeck (1920) 4–20 % jälki-itämistä. Myöhemmät tutkimukset ovat pienentäneet lukuja. Tiren (1952) sai lukemaksi 10 % ja Häggman (1987) 0,9–5,7 % siemenerän tuleentumisasteesta riipuen. Näiden julkaisujen perusteella näyttää siltä, että jälki-itämisellä voi olla merkitystä Lapin ankarissa olosuhteissa, mutta etelämpänä sen merkitys pienenee varsinkin kunnollisessa muokkausjäljessä. Käsitystä tukevat esim. Vaartajan (1955), Lehdon (1956) ja Yli-Vakkurin (1963) Etelä-Suomessa tekemät tutkimukset, joissa jo siementuhot olivat sitä luokkaa, että itämiskelpoista siementä jäi hyvin vähän ylivuotiseksi kolmannesta vuodesta puhumattakaan. Paljakassa jälki-itäminen voi selittää toisen vuoden taimien syntyä, mutta Iso- ja Leirikankaalla sen todennäköisyys on hyvin pieni. Sitäpaitsi osa vuoden 1990 siemensadosta on voinut varista vasta seuraavana vuonna (Heikinheimo 1932). Kaikkein todennäköisintä on kuitenkin se, että reunametsästä on tullut joka vuosi täydentävää siemennystä varsinkin Iso- ja Leirikankaalla (kuvat 4 ja 7).

3.1.2 Maanpinnan käsittelyittäin

Paljakalla luontaisesti syntyneitä kuusen taimia oli aluksi eniten ojitusmätästyksestä, 23 360 kpl/ha ja hyvänä kakkosena oli laikutus, 14 970 kpl/ha (kuva 5). Ero johtuu ilmeisesti kokonaan ojitusmätästykseen suuremmasta muokatun pinnan osuudesta/ha. Ero kääntyy mittausjakson loppua kohden toisin päin (9 190/10 700), sillä ojitusmätästykseen taimista huomattava osa oli ojavaon pohjalla ja jyrkissä oja- ja mätäsluiskissa, joissa taimilla on heikot menestymisen mahdollisuudet pitemmällä aikavälillä. Kulotetulle pinnalle taimia oli syntynyt lähes saman verran kuin laikutuksessa eli 14 200 kpl/ha. Harvennusestämisen korjuukoneen pyöränjäljessä taimia oli vain 3 780 kpl/ha, mikä selittyy vähäisellä pyöränjälkien pinta-alaosuudella hehtaaria kohti, sillä käsitellyllä pinnalla taimimäärä oli samaa luokkaa kuin laikutuksessa.

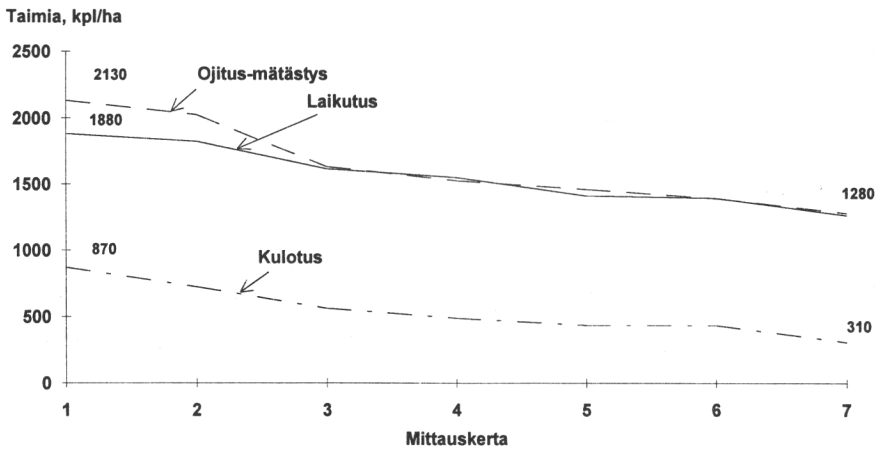


Kuva 5. Luontainen kuusi (alkuperäiset taimet) muokkaustavoittain Paljakalla.

Paremmuusjärjestys viimeisen mittauksen taimimäärien perusteella oli laikutus 10 700 kpl/ha, ojitus-mätästys 9 190 kpl/ha, kulotus 6 460 kpl/ha ja korjuukoneen pyöränjälki harvennusemetsikössä 1 810 kpl/ha (kuva 5).

Paljakan istutusaloilla ojitus-mätästys oli ensimmäisenä syksynä laikutusta hiukan parempi (2 130/1 880 tainta /ha), mutta mittausjakson loppua kohti ne tulivat aivan tasavertaisiksi 1 270 kpl/ha:n taimimäärällä (kuva 6). Laikutuksessa ja ojitus-mätästyksessä huomattava osa paperikennotaimista istutettiin muokkaamattomaan pintaan, jossa ne menestyivät lähes muokattuun pintaan istutettujen veroisesti.

Istutus onnistui huonointen kulotusaloilla, jossa viimeisessä mittauksessa oli jäljellä 310 tainta/ha, mikä selittyy pinnallisen palon jälkeisellä paksulla kummitakeroilla, jonka läpi taimien juuria on ollut vaikeaa saada istutuksen yhteydessä kunnolla kivennäismaahan (kuva 6). Tämä näkyi yleisenä istutuksen jälkeisenä kuivumisena, minkä seurauksena hehtaarikohtainen taimimäärä putosi jo ensimmäiseen syksyyn mennessä 2 130:stä 867:ään.



Kuva 6. Istutuskuusi muokkaustavoittain Paljakalla.

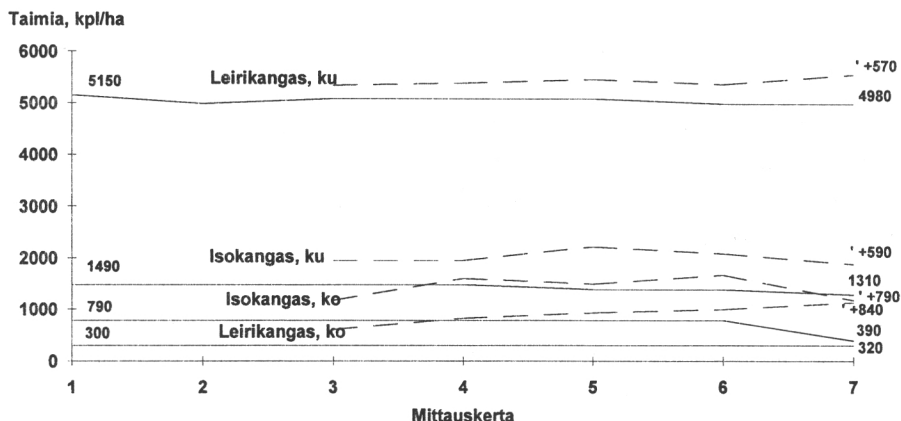
3.1.3 Reunametsän vaikutus

Paljakalla, jossa käytettiin 40 metrin avohakkuukaistoja, ei havaittu reunametsän etäisyyden vaikutusta taimimääriin. Kulotusallalla, jossa reunametsä oli enimmillään 75 m päässä (reunametsän valtapituus 17 m), havaittiin taimimäärien selvää pienenemistä reunametsäetäisyyden kasvaessa yli 50 metrin, mutta vielä 70–75 metrin päässä taimia oli 6 000 kpl/ha, kun vastaava taimimäärä alle 40 metrin päässä reunametsästä oli 17 300 kpl/ha.

Leirikankaan siemenpuualalle saatiin keskimäärin 5 150 ja Isokankaan kylvöaukolle 1 490 luontaista kuusen tainta/ha (kuva 7). Siementävän reunametsän etäisyys vaihteli siemenpuualalla 100 metristä 162 metriin. Tällä välillä voitiin havaita taimimäärän väheneminen 6 000:sta 3 400:een kpl/ha, keskimääräisen etäisyyden reunametsästä kasvaessa 110 metristä 162 metriin. Siementävän reunametsän valtapituus oli 20 metriä ja se sijaitsi 4–9 metriä alempana rinteiden alla vielä siten, että kauimmainen mittauskaista oli kaikkein korkeimmalla.

Kylvöaukolla reunametsän etäisyys vaihteli 74 metristä 180 metriin. Reunametsän valtapituus oli 20 metriä ja kauimmainen mittauskaista oli 4 metriä korkeammalla kuin reunametsä muiden kaistojen ollessa suurin piirtein tasamaalla reunametsän suhteen. Luontaisen kuusen taimimäärät olivat 80, 140 ja 175 metrin keskimääräisen etäisyyden päässä 2 500, 1 540 ja 1 280 kpl/ha.

Kuusen taimet säilyivät hyvin hengissä kaikilla aloilla koko mittausjakson ajan. Samalla jaksolla Iso- ja Leirikankaalle oli syntynyt vajaa 600 täydentävää kuusen tainta hehtaarille. Tähän on lisättävä vajaat 1 200 koivun siementainta/ha molemmilla kankailla (kuva 7).



Kuva 7. Luontainen kuusi ja koivu Isokankaalla ja Leirikankaalla.

Siemenen reunametsästä tapahtuvaa leviämistä on selvitelty uudistamista koskevien tutkimusten yhteydessä havainnoimalla eri etäisyyksille reunametsästä syntyneiden taimien määriä (Heikinheimo 1915, 1932, Kinnunen & Mäki-Kojola 1980, Oinonen 1956, Saksa 1987, 1990, Valtanen 1987). Heikinheimo (1915) pitää entisillä kaskimailla tyydyttävän kuusen ja männyn siementymisen keskimääräisenä rajana 60–70 metriä, mutta esittää havaintoja myös huomattavasti pidemmistä matkoista, ääritapauksena 200 metriä. Heikinheimo (1932) esittää myös tutkimushavaintoja huomattavien kuusen siemenmäärien leviämisestä aina 200 metrin päähän reunametsästä. Oinonen (1956) havaitsi reunametsästä syntyneitä taimia runsaasti 80 metriin saakka ja harvakseltaan senkin jälkeen. Kinnunen ja Mäki-Kojola (1980) inventoivat keskimäärin 1 100 tainta/ha 101–150 metrin päässä siementävästä puustosta ja 700 tainta/ha yli 151 metrin etäisyysluokassa. Saksa (1987, 1990) raportoi huomattavista taimimääristä vielä 90 metrin päässä reunametsästä, mitä kauemmaksi hänen aineistonsa ei ulottunutkaan. Valtanen ja Lehtosaari (1991) tutkivat Pohjanmaan männyn viljelytaimikoita ja totesivat luontaisia männyn taimia olevan eniten alle 30 metrin päässä reunametsästä, mitä seurasi tasainen pudotus 70 metriin, jonka jälkeen aina 180 metriin saakka taimimäärät olivat hyvin tasaisesti 1 000 kpl/ha suuruusluokkaa aurausalueilla, jotka muodostivat aineiston pääosan. Kuusella ja rauduskoivulla todettiin samanlainen gradientti, mutta lievempänä. Hieskoivun mää-

riin reunametsän eteisyydellä ei ollut selvää vaikutusta. Laitinen ja Ojala (1991) tutkivat reunametsävaikutusta koko maan kattavalla aineistolla. He totesivat tehokkaan taimettumisetäisyyden vaihtelevan 35 metristä 50 metriin reunametsästä. Taimia oli useissa tapauksissa runsaasti vielä 75 metriin saakka, joka oli maksimietäisyys, jolta he esittävät tuloksia.

Sarvas (1948) sai männyn, raudus- ja hieskoivun siementen keskimääräisiksi putoamisnopeuksiksi 0,65, 0,55 ja 0,71 metriä sekunnissa. Tällöin 20 metrin korkeudelta putoava männyn siemen on maassa 30,7 ja rauduskoivun 36,3 sekunnissa. Jos tuulennopeus on 3 m/s, joka vastaa meteorologiassa heikkoa tuulta, niin männyn ja rauduskoivun siemen leviää 92 ja 109 metriä. Kun tarkastellaan sääasemien tuulitilastoja, voidaan todeta, että keskimääräinen tuulennopeus esim. Kajaanin lentoasemalla 1961–80 oli huhti—kesäkuussa, jolloin männyn ja kuusen siemen suurimmaksi osaksi varisee (Heikinheimo 1932), 3,3 m/s ja syksyllä koivun siemenen varisemisaikaan hiukan suurempi (Heino & Hellsten 1983). Vastaavina aikoina sellaisia vuorokausia, jolloin yksi vuorokauden tuulihavainnoista osoitti tuulennopeutta yli 6 m/s, oli noin 10 kpl/kk. Suomen meteorologisesta vuosikirjoista (esim. 1993) voidaan havaita, että 3–7 m/s tuulihavainnot siementen varisemisajankohtina ovat hyvin tavallisia. Sääasemilla tuulennopeus mitataan neljä kertaa vuorokaudessa klo 02, 08, 14 ja 20 maanpinnasta 10 metrin korkeudelta 10 minuutin keskimääräisenä nopeutena. Puuskissa tuulennopeus on huomattavasti keskiarvolukuja suurempi. Havupuiden siemen varisee keväällä todennäköisesti suurimmaksi osaksi keskipäivällä, jolloin on lämpimintä ja kuivattavan tuulen nopeus suurimmillaan. Lisäksi siemenen irtoaminen tapahtuu luultavasti herkimmin juuri tuulenpuuskien ravistamana. Tuulen suuntajakaumista ilmenee, että siementen varisemisajankohtina tuulet kaakosta etelän kautta luoteeseen ovat vallitsevia (esim. Sarkkula 1987). Tuulisuhteet ovat tietenkin hyvin erilaiset lentoasemalla kuin enemmän tai vähemmän peitteisessä metsässä. Kaiken kaikkiaan tämän tarkastelun jälkeen eri yhteyksissä havaitut luontaiset taimet yllättävänkin kaukana reunametsästä tulevat ymmärrettäviksi.

3.2 Taimien pituuskehitys

Paljakassa istutuskuusen pituus oli viimeisessä mittauksessa kolminkertainen luontaiseen verrattuna (taulukko 1). Pituseron perusteella istutustaimet olivat tällöin 3–4 kasvukautta edellä luontaisista, mistä erosta 2 vuotta johtui 2-vuotisten taimien käytöstä. On mahdollista, että kehi-

tyserot Paljakalla jatkossa muuttuvat. Lisäksi tulee huomata, että Paljakalla luontaisen uudistamisen viive muokkauksen jälkeen syntyneiden taimien osalta on pienin mahdollinen, sillä runsas siemensato sattui heti muokkauksen jälkeisenä keväänä. Siten luontainen uudistaminen vastaa tässä tapauksessa kylvöä.

Taulukko 1. Taimien pituus (cm) uudistustavoittain Paljakalla sekä Isokankaalla (I) ja Leirikankaalla (L).

Paljakka	Mittauskerta						
	1	2	3	4	5	6	7
Kuusi, luont.				2,0	4,3	4,3	7,4
Kuusi, istutus	9,5	9,6	13,3	13,4	18,4	18,3	23,4
Hieskoivu, luont.					24,2	24,2	45,0
Iso- ja Leirikangas							
Mänty, luont. (L)						2	3
Mänty, kylvö (I)						4	7
Kuusi, luont. (L)						3	6
Kuusi, luont. (I)						4	6
Rauduskoivu, luont. (I)						17	55
Hieskoivu, luont. (L)						16	29
Hieskoivu, luont. (I)						14	

Luontaisesti syntyneiden ja istutettujen kuusen tainten alkukehityksen eroista on kirjallisuudessa hyvin vähän mainintoja. Räsänen ym. (1985) esittämät viiveet 2 metrin keskipituudella ovat kuusella 14 kasvukautta. Istutustaimien iästä Räsänen ym. (1985) eivät esitä tietoja. Valtanen ja Engberg (1987) saavat kuusen kylvön ja istutuksen väliseksi viiveeksi aurasalueilla 7–8 kasvukautta, mistä 3 kasvukautta tulee 3-vuotiaiden taimien kontolle.

Hieskoivun pituuskehitys Paljakalla oli noin kaksinkertainen istutuskuuseen verrattuna. Männyn taimien kehitys oli Isokankaan kylvöaukolla kaksi kertaa nopeampaa kuin Leirikankaan siemenpuualalla. Luontaisen kuusen osalta ei havaittu eroja. Koivu oli nousemassa havupuun taimien yläpuolelle kaikilla kokeilla (taulukko 1 ja 2).

*Taulukko 2. Luontaisien ja istutustaimien pituus (cm) muokkaustavoit-
tain Paljakalla.*

Luontaiset	Mittauskerta						
	1	2	3	4	5	6	7
Kuusi, kulotus				2,0		3,9	7,8
Kuusi, pyöränjälki						2,5	3,8
Kuusi, laikku				3,0	4,6	4,7	7,5
Kuusi, ojitus-mätästys					4,4	4,4	8,0
Hieskoivu, ojitus-mätästys				24,2	24,2	45,0	
Istutetut							
Kuusi, kulotus	7,8	7,8	11,6	11,3	14,7	14,7	20,0
Kuusi, laikku, muokattu	9,8	9,6	12,3	12,5	17,4	17,4	22,3
Kuusi, laikku, ei muokattu	9,3	9,5	13,3	13,2	18,0	18,1	20,8
Kuusi, ojitus-mätästys, muokattu	10,8	10,8	14,5	14,5	20,1	20,0	26,3
Kuusi, ojitus-mätästys, ei muokattu	9,9	9,8	14,7	15,5	21,0	21,0	26,3

Maanpinnan käsittelyn osalta ojitus-mätästys oli johtanut ripeimpään kehitykseen varsinkin istutuksessa. Kuitenkin erot laikutukseen ja kulotukseen nähden olivat pienet. Harvennuskasvatukseen korjuukoneen pyöränjälkeen syntyneet luontaiset kuusen taimet olivat kasvaneet hitaimmin. Kun tarkastellaan Paljakan istutuskuusien pituuskehitystä muokkausjäljessä ja muokkausjäljen ulkopuolella, voidaan todeta, että laikutuksessa muokattu pinta oli hiukan parempi, mutta ojitus-mätästyksessä eroja ei ollut (taulukko 2).

3.3 Keskeisimmät tuhot

Paljakan luontaisia kuusia vaivasi alkuaikoina rouste, eroosio, kuivuus sekä liika märkyys ensimmäisen mittauksen jälkeen. Myöhemmässä vaiheessa kuvaan tuli pintakasvillisuus, joka oli huomattavalta osin samalta (taulukko 3). Istutuskuusen vaivana oli aluksi kuivuus ja eroosio pintakasvillisuuden merkityksen kasvaessa myöhemmässä vaiheessa (taulukko 4).

Männyn uudistusaloilla kuivuus, rouste ja sienitaudit, jotka vaivasivat etenkin kylvötaimia, olivat suurimmat tuhon aiheuttajat (taulukko 5 ja 6). Tuhojen esiintyminen vaihteli lisäksi voimakkaasti saman kokeen eri toistoilla, mikä tekee johtopäätösten teon erittäin epävarmaksi.

Taulukko 3. Luontaisen kuusen tuhot Paljakalla (= pääasiassa ruoste-sienet).*

Mittaus- kerta	Elossa %	Elossa kpl	Elävien taimien tuhonaiheuttajat, %						
			Terveet	Muut (*)	Pinta- kasvil- lisuus	Eroosio	Rouste	Kuivuus	Märkyys
1	100,0	635	93,9	0,3	–	–	5,4	0,5	–
2	99,4	631	54,8	5,7	0,3	9,7	13,3	9,0	7,1
3	84,7	538	59,1	2,6	–	2,4	16,0	12,5	7,4
4	69,6	442	55,0	0,7	1,8	2,3	1,4	34,2	4,8
5	63,5	403	50,1	–	12,7	2,5	1,0	20,3	13,4
6	51,8	329	48,0	3,0	12,2	5,5	2,7	18,2	10,3
7	50,0	317	49,8	6,3	15,8	5,4	3,8	6,3	12,6

Taulukko 4. Istutuskuusen tuhot Paljakalla (= pääasiassa versosurma (Gremmeniella abietina) ja ruostesienet).*

Mittaus- kerta	Elossa %	Elossa kpl	Elävien taimien tuhonaiheuttajat, %						
			Terveet	Muut (*)	Pinta- kasvil- lisuus	Eroosio	Rouste	Kuivuus	Märkyys
1	100,0	346	24,3	1,4	–	8,4	–	65,6	0,3
2	78,0	270	35,6	0,7	–	19,3	2,6	41,1	0,7
3	73,1	253	28,1	2,0	–	29,6	2,4	37,2	0,8
4	62,1	215	46,5	–	12,1	–	2,8	38,1	0,5
5	58,7	203	38,4	–	30,5	–	0,5	26,1	4,4
6	54,6	189	28,6	7,9	32,8	–	4,2	23,8	2,6
7	53,5	185	33,5	14,6	28,1	–	8,1	11,4	4,3

Taulukko 5. Kylvömännyn tuhot Isokankaalla (* = männyntalvihome (*Phacidium infestans*), männynversosurma (*Gremmeniella abietina*) ym. harvinaisia tuhotekijöitä).

Mittaus- kerta	Elossa % kpl	Elävien taimien tuhoniheuttajat, %							
		Terveet	Muut (*)	Pinta- kasvil- lisuus	Verso- ruoste	Rouste	Kuivuus	Lumi	
1	100,0 166	65,7	30,7	0,6	0,6	–	1,2	1,2	
2	99,0 165	37,6	17,0	–	0,6	15,2	23,0	6,7	
3	98,0 163	37,4	16,6	–	1,2	16,6	22,1	6,1	
4	78,0 130	41,5	–	0,8	5,4	1,5	50,8	–	
5	70,0 116	23,3	4,3	1,7	16,4	–	54,3	–	
6	53,0 88	26,1	11,4	1,1	42,0	–	18,2	1,1	
7	49,0 81	8,6	2,5	3,7	74,1	–	11,1	–	

Taulukko 6. Luontaisen männyn tuhot Leirikankaalla (* = männyntalvihome (*Phacidium infestans*), männynversosurma (*Gremmeniella abietina*) ym. harvinaisia tuhotekijöitä).

Mittaus- kerta	Elossa % kpl	Elävien taimien tuhoniheuttajat, %							
		Terveet	Muut (*)	Pinta- kasvil- lisuus	Verso- ruoste	Rouste	Kuivuus	Lumi	
1	100,0 60	91,7	1,7	–	–	1,7	3,3	1,7	
2	98,0 59	47,5	15,3	–	–	18,6	13,6	5,1	
3	93,0 56	50,0	10,7	–	–	21,4	12,5	5,4	
4	78,0 47	10,6	–	–	2,1	–	87,2	–	
5	68,0 41	2,4	–	–	4,9	–	92,7	–	
6	50,0 30	3,3	3,3	–	13,3	10,0	70,0	–	
7	43,0 26	15,4	7,7	7,7	19,2	42,3	7,7	–	

Yksityiskohtaisia selvityksiä taimikoiden varhaisvaiheiden tuhoista ovat tehneet Heikkilä (1981), Poikolainen (1985) ja Kinnunen (1992). Heikkilän ja Poikolaisen tutkimukset käsittelevät istutusmänniköiden tuhoja, eivätkä siten ole suoraan vertailukelpoisia tämän tutkimuksen kanssa. Heikkilän tutkimuksen yleisimmät tuhotekijät olivat aluksi ilmastotekijät (kuivuus, kosteus, vesieroosio, rouste) yhdessä eläintuhojen (kärsäkkäät, myyrät) kanssa ja myöhemmässä vaiheessa sienitaudit. Tuhojen painotuksissa oli huomattavia eroja maanpinnan käsittelyn ja jopa istutuspaikan suhteen. Poikolaisen tutkimuksessa kärsäkkäät, versoruoste ja

kosteus olivat yleisimmät tuhon aiheuttajat. Tuhojen yleisyys vaihteli paljon maanpinnan käsittelyn mukaan. Kinnusen (1992) tutkimuksessa oli kyse kylvöstä, johon Isokankaan tuloksia voidaan verrata. Siinä tuhojen syynä ensivuosina olivat kuivuus, vesieroosio, halla ja rouste. Myöhemmin kuvaan tulivat sienitaudit (versosurma, versoruoste, männyntalvihome), tukkimiehentäi, metso ja hirvi. Kokeesta ja vuodesta toiseen esiintyi huomattavaa vaihtelua tuhotekijöiden määrissä ja suhteissa.

4. Yhteenveto

Luontaisen uudistamisen potentiaali on keskinkertaisina ja sitä parempi-na siemenvuosina niin hyvä, että sopivassa kohteessa maanpinnan käsittelyyn yhdistettynä se johtaa nopeasti täystiheän ja -tuottoisen sekä monipuolisia kasvatusvaihtoehtoja tarjoavan sekapuutaimikon syntymiseen kohtuullisin kustannuksin (esim. Lehto 1970, Kinnunen 1993, Kaila 1993, Kubin & Kemppainen 1995, Valtanen 1994).

Aikaisemmin on uskottu koivun siemenen leviävän jopa satoja metrejä emopuusta. Tämä tutkimus on antanut vahvoja viitteitä siihen suuntaan, että kuusenkin siemen leviää suotuisissa olosuhteissa yllättävän kauas. Ilmeisesti sama pätee joskin lievempänä myös mäntyyn. Mikäli nämä viitteet ovat oikeansuuntaisia, luontaisen uudistamisen menetelmät ja ohjeet ovat korjauksen tarpeessa. Tulevaisuudessa ei ehkä ollakaan enää sidottuja 40–50 metrin kaistoihin, vaan siemenpuut voidaan ryhmitellä nykyistä vapaammin eikä pienille uudistusaloille tarvitse jättää ollenkaan siemenpuita, mikäli ne rajoittuvat siemennyskykyiseen metsään. Kuitenkin luontaisessa uudistamisessa on monia vaikeasti ennakoitavia epävarmuustekijöitä kuten siemensadon määrä ja laatu, tuulisuus siemenen varisemisen aikoihin, sääsuhteet itämis- ja sirkkataimivaiheessa ja ensimmäisenä talvena sen jälkeen, bioottisten tuhojen määrä jne. Luontaista uudistamista voidaan nopeuttaa ja varmentaa ratkaisevasti kohteen asiantuntevalla valinnalla, käyttämällä kohteeseen sopivaa maanpinnan käsittelyä ja ajoittamalla toimenpiteet hyviin siemenvuosiin. Kun siementä varisee runsaasti, sitä riittää varisemaan myös kovilla tuulilla, jolloin siementyminen tapahtuu runsaana hyvinkin kauas siementävästä puustosta. Runsaasta taimimäärästä osa on niin elinvoimaisia ja sijaitsee niin edullisilla pienkasvupaikoilla, että hyvän taimikon syntytodennäköisyys on suuri. Vastaavasti, jos on ennakoitavissa, että siemensato on lähivuosina heikko, erilaisten tuhojen todennäköisyys suuri tai luontaisen uudistumi-

sen edellytykset muutoin heikot, pitäisi pystyä joustavasti siirtymään viljelyyn.

Monia luontaisen uudistamisen eri vaiheisiin liittyviä onnistumiseen keskeisesti vaikuttavia tekijöitä tunnetaan vielä riittämättömästi. Luontaisen uudistamisen kehittäminen potentiaalisia mahdollisuuksiaan vastaavaksi eri viljelymenetelmien kanssa samalla lähtöviivalla olevaksi uudistamisen työkaluksi edellyttäisi näiden tekijöiden perusteellista tutkimista, niiden vaikutusmekanismien mallintamista ja keskeisimpien muuttuvien tekijöiden, kuten sääsuhteiden, siemensatojen ja tuhotekijöiden valtakunnallisen ennustepalvelun järjestämistä (Pukkala 1992). Havupuiden siemensatojen ennustemalli on jo olemassa (Leikola ym. 1982) ja sen täysitehoinen käyttöönotto edellyttäisi vain vuosittaista ennustemallin tunnusten, kuten säätekijöiden, puiden kukkimisen ja käpyjen määrän selvittämistä ja siitä tiedottamista uudistamispäätösten tekijöille.

Kirjallisuus

- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. *Acta Forestalia Fennica* 4. 264 s.
- 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. *Communicationes Institute Forestalis Fenniae* 17(3). 61 s.
- Heikkilä, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Summary: Damage in Scots pine plantations in Northern Finland. *Folia Forestalia* 497. 22 s.
- Heino, R. & Hellsten, E. 1983. Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1980. Climatological statistics in Finland 1961-1980. Ilmatieteen laitos. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan. Nide 80 osa 1a. 560 s.
- Häggman, J. 1987. Voiko männyn siemen jälki-itää? *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 115–122.
- Kaila, S. 1993. Metsänuudistamisen tuloksen määrittäminen ja männyn uudistamisen tuloksia. Summary: Determining the outcome of forest regeneration; results from Scots pine reforestation practices. *Metsätehon tiedotus* 409. 47 s.
- Kinnunen, K. 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmien vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Summary: Effect of substratum, date and method on the post-sowing survival of Scots pine. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s. + 4 liite-Foliaa.

- & Mäki-Kojola, S. 1980. Männyn luontaisesta uudistumisesta Pohjois-Satakunnassa. Summary: Natural regeneration of Scots pine in western Finland. *Folia Forestalia* 449. 18 s.
- Kubin, E. & Kempainen, L. 1995. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. *Acta Forestalia Fennica* 244. 56 s.
- Kullman, L. 1985. Växtbiografi - ett komplement i föryngringsforskningen. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 3: 3–9.
- Laitinen, T. & Ojala, J. 1991. Reunametsän käyttömahdollisuudet metsän uudistamisessa. *Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Tiedote* 5/1991. 8 s.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. *Acta Forestalia Fennica* 14: 1–95.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 66(2). 106 s.
- 1970. Tutkimuksia männyn uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. *Communicationes Institute Forestalis Fenniae* 67(4). 133 s.
- Leikola, M., Raulo, J. & Pukkala, T. 1982. Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen. Summary: Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce. *Folia Forestalia* 537. 43 s.
- Oinonen, E. 1956. Männiköiden luontaisen uudistumisen edellytyksistä Lapin kangasmailla eräiden taimivaroja selvittävien inventointien valossa. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 6–7: 225–230.
- Poikolainen, J. 1985. Havaintoja erään uudistusalan taimituhuista Keski-Pohjanmaalla. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 68–80.
- Pukkala, T. 1992. Luontainen uudistaminen vaatii riskien tuntemista. *Metsä ja Puu* 1: 11–13.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories 1978-1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saksa, T. 1987. Männyn taimikoiden tila auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in central Finland. *Folia Forestalia* 702. 39 s.
- 1990. Havupuutaimikoiden tila 3-8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. Summary: State of 3-8 years old Scots pine and Norway spruce plantations. *Folia Forestalia* 753. 30 s.
- Sarkkula, S. 1987. Tuuli. Suomen kartasto. Vihko 131. Ilmasto. Maanmittaushallitus, Suomen maantieteellinen seura.

- Sarvas, R. 1948. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Summary: A research on the regeneration of birch in South Finland. *Communicationes Institute Forestalis Fenniae* 35(4): 1–91.
- 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. *Communicationes Institute Forestalis Fenniae* 53(4): 1–198.
- 1968. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. Selostus: Tutkimuksia kuusen kukkimisesta ja siemensadosta. *Communicationes Institute Forestalis Fenniae* 67(5): 1–84.
- Suomen meteorologinen vuosikirja — Meteorological yearbook of Finland 1993. 1994. Ilmatieteen laitos. 153 s.
- Tiren, L. 1952. Om försök med sådd av tall- och granfrö i Norrland. *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut* 41: 1–97.
- Vaartaja, O. 1955. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Selostus: Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavia tekijöitä. *Acta Forestalia Fennica* 62(3). 31 s.
- Valtanan, J. 1987. Maanmuokkaus varmistaa männyn luontaisen uudistamisen. *Metsä ja Puu* 1987(4): 14–15.
- 1994. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 503. 65 s.
- & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970-72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970-72. *Folia Forestalia* 686. 42 s.
- & Lehtosaari, A. 1991. Männyn uudistumiseen vaikuttavista tekijöistä Siikalatvan alueella. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 388. 120 s.
- Wibeck, E. 1920. Det norrländska tallfröets grobarhet. *Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt* 17: 1–20.
- Yli-Vakkuri, P. 1963. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikossa ja männikössä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of the seedlings in spruce and pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 75(1). 122 s.

Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon kehitykseen

Pentti Niemistö

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Kirkkosaarentie 7, 91500 MUHOS

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuusentaimien kasvun ja kunnan riippuvuutta päällä kasvavan varttuneen hieskoivikon tiheydestä. Lisäksi tutkittiin koivikon hakkuun ja puutavaran kuljetuksen aiheuttamia vaurioita kuusentaimikossa.

Kuusentaimien kehitys oli aluksi hidasta, joten 18 vuoden kuluttua istutuksesta kuuset olivat vasta noin 1,6 metrin mittaisia ja harventamattomassa koivikossa tätäkin pienempiä. Varjoa sietävänä puulajina kuusi selviytyi kuitenkin kohtuullisesti täystiheässäkin koivikossa. Koivikon toisen harvennuksen jälkeen alkoi kuusentaimien kasvussa näkyä selviä eroja. 25 vuotta istutuksesta kuuset olivat keskimäärin 4,5 metrin pituisia 400–500 koivun hehtaaritiheydessä ja vastaavasti 2,5 metrin pituisia 2 000 koivun tiheydessä. Harventamattomassa koivikossa kuusentaimien keskiläpimitta oli 1,5–2,0 cm pienempi kuin harvennetussa.

Vapautetut kuusentaimet kasvoivat hakkuun jälkeen pituutta yhtä paljon, mutta paksuutta selvästi enemmän kuin kuuset harvassa koivikossa. Kaadettaessa koivujen latvat suunnattiin ajourille tai ojien päälle, joten vaurioita syntyi vähän. Eniten kuusia tallaantui koneen pyörien alle ja kaatui raiteiden välissä tai kolhiintui lähellä ajouria. Hehtaarille jäi kasvamaan hyväkuntoisia kuusia keskimäärin 1 500 kpl ja hakkuussa tuhoutui 200–300 (= 10–20 %). Hieskoivikon väljentäminen kuusten takia tai päätehakkuun teko useammassa vaiheessa ei näytä välttämättömältä.

1. Johdanto

Koivua kasvaville ojitusalueille syntyy helposti luontainen kuusentaimikko. Tällaisia kasvupaikkoja ovat etenkin alkuperältään ruohoiset tai saraiset rämeet ja nevat. Keski-Pohjanmaan tasalta pohjoiseen alikasvoskuuset vähenevät (Seppälä & Keltikangas 1978). Tällaisen kaksijaksoisen koivu-kuusi metsikön kasvattamisella on monia etuja. Täysipuustoinen hieskoivikko runsasravinteisella turvemaalla tuottaa kohtuullisen hyvän taloudellisen tuloksen samanaikaisesti kuusen taimivaiheen kanssa (Keltikangas & Seppälä 1977, Niemistö 1991, Mielikäinen & Valkonen 1994). Lisäksi kasvualustan kunto pysyy hyvänä koivun lehtikarikkeen, syvän juuriston ja runsaan haihdunnan ansiosta (Laitakari 1934, Huikari 1954, Mikola 1954, Sirén 1955, Paavilainen 1966, Mälkönen

1977, Kaunisto & Päivänen 1985). Toisaalta koivujen aiheuttama varjostus ja kilpailu voivat hidastaa kuusentaimien muutenkin hidasta alkukehitystä, aiheuttaa teknisiä vikoja tai heikentää kuusten terveyttä (Cajander 1934, Folkesson & Bjärring 1982, Leikola 1976, Leikola & Rikala 1983, Heikurainen 1985).

Ilman verhopuuston suojaa kasvava kuusentaimikko kärsii Suomessa usein alkukesän halloista (Multamäki 1942, Lukkala 1946, Leikola & Pylkkö 1969, Leikola 1975, Leikola & Rikala 1983, Heikurainen 1985). Erityisen arkoja yöpakkasille ovat alavat alueet, joten esimerkiksi ojitetujen soiden uudistamisessa kuusi tarvitsee suojakseen verhopuuston. Verhopuuston 60–70 % latvuspeittävyys suojaa kohtalaisen hyvin hallalta (Leikola & Pylkkö 1969) ja Leikolan (1975) mukaan harvemmankin puuston alla minimilämpötilat ovat korkeammat kuin aukealla.

Viljavilla turvemailla kasvaa runsaasti hieskoivua, useimmiten sekapuuna kuusen ja männyn kanssa, mutta myös puhtaat hieskoivikot ovat yleisiä etenkin Pohjanmaalla ja Etelä-Lapissa (Kuusela ym. 1986, Heikurainen 1959). Hieskoivun kiertoaika on lyhyt, noin 60 vuotta ja puulaji tuottaa harvoin arvokasta järeää vaneritukkia (Verkasalo 1988). Aikaisen biologisen ikääntymisen takia hieskoivun kasvukyky alenee ja lahoriski lisääntyy, joten selvästi kuusta vanhemman hieskoivujakson kasvattaminen pitkään ei liene taloudellisesti kannattavaa (Koivisto 1959, Keltikangas & Seppälä 1977, Saramäki 1977). Sen sijaan hyvälaatuisten rauduskoivujen järeyttäminen pitkän ajan kuluessa kuusikon päällä viljavalla kivennäismaalla voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto (Mielikäinen & Valkonen 1994, Tham 1988).

Kuusikon vapauttaminen on sekä teknisesti että biologisesti ongelmallista (Thesslund 1975, Maukonen 1987, Peltoniemi 1991). Verhopuusto suositellaan poistettavaksi eteläsuomalaisista kuusentaimikoista 5–10 vuoden kuluttua istutuksesta (Leikola & Rikala 1983). Pohjois-Suomessa aika on hitaamman kasvun takia pitempi, mutta toisaalta verhopuuston tarve hallantorjuntaan on vähäisempi (Leikola 1975). Kuusen sopeutumisesta valaistuksen äkilliseen muutokseen on saatu toisistaan poikkeavia tuloksia. Yleisin tulos on ollut kasvun lisääntyminen 2–5 vuotta kestäneen taantumien jälkeen (Andersson 1988, Bergan 1971, Cajander 1934, Skoklefeld 1976). Saarisen (1995) mukaan kuusten menestymiseen vapauttamisen jälkeen vaikuttavat myös metsikön vesi-, lämpö- ja ravinnetaloudessa tapahtuvat muutokset. Isokokoiset ja hyväkuntoiset taimet selviävät parhaiten (Cajander 1934, Koistinen & Valkonen 1993).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan viljeltyjen ja luontaisesti syntyneiden kuusentaimien kehitystä ojitetun turvemaan hieskoivikossa, jota on käsitelty eriasteisin harvennuksin. Tavoitteena on selvittää koivikon kasvustiheyden vaikutusta kuusentaimien elossaoloon, pituus- ja paksuuskasvuun sekä kuntoon ja terveydentilaan. Samasta koemetsästä on aikaisemmin julkaistu hieskoivikon harvennusta ja lannoitusta koskevia tuloksia (Oikarinen & Pyykkönen 1981, Niemistö 1991).

2. Aineisto

Tutkimusmetsikkö sijaitsee Metsähallituksen maalla, Haapaveden Hattukankaalla (yhtenäiskoordinaatit 7111/412). Hieskoivikko on syntynyt luontaisesti uudisojituksen yhteydessä vuosina 1936–37. Kasvupaikka on ruohoturvekangas ja turpeen paksuus noin puoli metriä. Suurimmalle osalle aluetta istutettiin kuusentaimet keväällä 1967. Alue täydennysojitettiin vuosina 1974–75 ja ojien lähelle on kehittynyt paikoin tiheä luontainen kuusialikasvos. Sarkaleveys on keskimäärin 30 m ja ojasyvyys on 20 vuotta täydennysojituksen jälkeen 60–70 cm. Hieskoivun harvennus- ja lannoituskoe perustettiin kahdelle erilliselle lohkolle syksyllä 1974. Ensimmäisen harvennuksen jälkeen hieskoivuruutujen tiheys vaihteli välillä 700–2 100 kpl/ha ja koivut on mitattu sen jälkeen 5 vuoden välein (Oikarinen & Pyykkönen 1981, Niemistö 1991). Toinen harvennus tehtiin keväällä 1985 (taulukko 1), jonka jälkeen kasvatettavan koivikon tiheys vaihteli välillä 400–2 000 kpl/ha sisältäen 5–7 toistoa.

Taulukko 1. Hieskoivikon keskiläpimitta, tilavuus ja 9-vuotisjakson keskikasvu keväällä 1985 tehdyn toisen harvennuksen jälkeen sekä alikasvoskuusikon tiheys eriasteisissa koivikon harvennuskäsittelyissä.

Hieskoivikko harvennuksen jälkeen				Viljelykuuset		Luontaiset kuuset	
Tiheys	Keski- läpimitta	Tilavuus	Kasvu	Koe- aloja	Kuusia	Koe- aloja	Kuusia
kpl/ha	cm	m ³ /ha	m ³ /ha/v	kpl	kpl/ha	kpl	kpl/ha
0	(koivut poistettu 1988)			3	1400	0	-
400 — 500	18,1	81	3,2	4	950	2	1300
500 — 800	16,7	100	3,3	5	1400	1	3400
800 — 1100	16,7	126	3,8	5	1050	3	850
1100 — 1500	15,3	134	4,1	4	1300	2	2400
1500 — 2000	14,7	155	4,1	7	1050	1	1300

Kuusentaimien lukumäärä ja keskipituus arvioitiin koivikon toisen harvennuksen yhteydessä keväällä 1985. Varsinaiset mittaukset kuusista tehtiin syksyllä 1988 ja 1993. Vuonna 1988 rajattiin harvennuskokeen ulkopuolelta kolme lisäkoealaa, joilta poistettiin kaikki koivut. Rinnankorkeusläpimitta mitattiin kaikista yli 1,3 metrin pituisista ja pituus kaikista alle 1,3 metrin pituisista kuusista. Lisäksi joka viidennestä yli 1,3 metrin pituisesta kuusesta mitattiin pituus. Näiden koepuiden avulla laaditulta pituuskäyrältä saatiin puuttuvat pituudet.

Luontaisten ja istutettujen taimien erottaminen toisistaan sijainnin ja koon perusteella oli vielä mahdollista joskaan ei täysin luotettavaa. Tästä syystä pienet siirtymät luontaisten ja viljeltyjen taimien välillä olivat mahdollisia mittauskertojen välillä. Kaikista kuusentaimista tehtiin lisäksi seuraava kuntoluokitus: 1 = ei vikoja, 2 = runko mutkainen tai haarainen, 3 = latvanvaihto edellisen viiden vuoden aikana, 4 = latva vioittunut, sairras tai kuivunut, 5 = taimi kuollut.

Istutustaimet mitattiin 28 koealalta eli noin 2,8 hehtaarin alalta 22 ja 27 vuoden kuluttua viljelystä. Merkittävä määrä luontaisia taimia (>300 kpl/ha) löytyi yhdeksältä koealalta. Koealatulokset yhdistettiin hieskoivikon tiheyden perusteella kuuteen luokkaan seuraavasti: ei ylispuukoivuja, 400–500, 500–800, 800–1 100, 1 100–1 500 ja 1 500–2 000 kpl/ha.

Kesäkuussa 1994 hakattiin kaikki koivut pois 10 koealalta, jotka valittiin siten, että taimikko vapautettiin useilta vierekkäisiltä koealoilta. Tästä syystä metsikköön ei muodostunut yksittäisiä koivikon ympäröimiä kuusikoealoja, vaan ne rajoittuvat pystyyn jääneeseen koivikkoon useimmiten vain yhdeltä suunnalta. Poistetun koivikon tiheys vaihteli välillä 450–2 200 kpl/ha. Hakkuu tehtiin moottorisahatyönä puutavaralajimenetelmällä. Kaadossa latvat pyrittiin suuntaamaan 30 metriä leveiden koealojen keskellä kulkevalle ajouralle tai vaihtoehtoisesti koealan reunassa olevalle ojalinjalle. Puutavara kuormattiin ja kuljetettiin pois keskiras-kaalla metsätraktorilla, joka joutui tekemään muutamia lyhyitä pistoja ulottuakseen kaikkeen puutavaraan 10 metrin pituisella puomikuormaimella. Hakkuun jälkeen kaikki vaurioituneet ja tuhoutuneet kuusentaimet mitattiin ja luokiteltiin vauriotyyppin ja aiheuttajan perusteella.

3. Tulokset

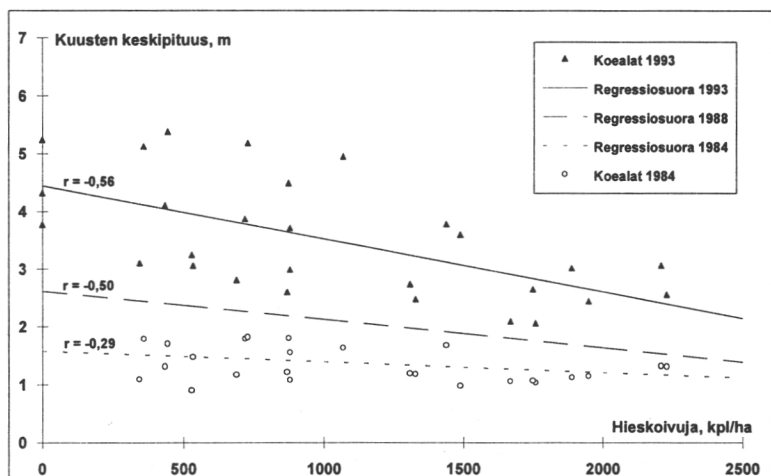
3.1 Alikasvoskuusikon tiheys

Istutettujen kuusentaimien määrä ei riippunut päällä kasvavan koivikon tiheydestä (taulukko 1), eikä se myöskään vähentynyt mittaussjakson aikana. Istutustaimia oli keskimäärin 1 200 kpl/ha ja vaihteluväli koivikon tiheysluokkien välillä oli 950–1 400 kpl/ha. Koealoittain vaihteluväli oli suurempi, 600–2 100 kpl/ha.

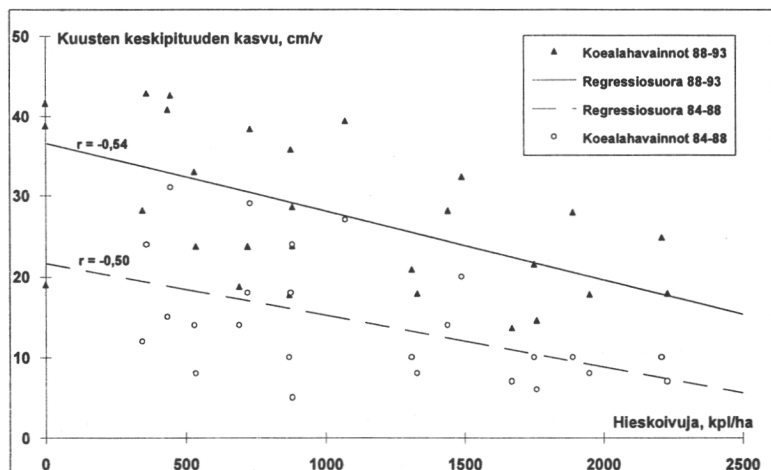
Luontaisia kuusentaimia oli yhdeksällä koealalla ensimmäisessä mitauksessa keskimäärin 1 800 kpl/ha ja viisi vuotta myöhemmin 1 450 kpl/ha. Eniten, noin 30 %, kuusentaimien määrä väheni tiheimmän koivikon alla. Luontainen taimikko oli istutettua vaihtelevampaa. Koealoilla, joissa luonnontaimia esiintyi, niitä oli 300–3 600 kpl/ha. Myös koealojen sisällä luontainen taimikko vaihteli siten, että ojien varressa kuusia oli runsaammin kuin saran keskellä. Yleensä luonnontaimet esiintyivät samoilla koealoilla kuin istutetutkin, mutta viljelemättömällä alueella oli kaksi koealaa, joilla kasvoi noin 3 500 luontaista kuusta hehtaarilla. Lukuunottamatta näitä kahta koealaa ei alueelle olisi syntynyt täystiheää kuusikkoa ilman viljelyä.

3.2 Istutuskuusten kehitys

Istutettujen kuusten keskipituus 20 vuoden iällä korreloi heikosti koivikon tiheyden kanssa (kuva 1a). Koivikoissa, joiden tiheys oli alle 1 100 kpl/ha, kuuset olivat silloin keskimäärin 1,6 m pitkiä, tiheämmillä koealoilla noin puoli metriä lyhyempiä. Neljän vuoden kuluttua kuusten pituuden ja koivikon runkoluvun välinen korrelaatiokerroin oli $-0,50$ ja yhdeksän vuoden kuluttua $-0,56$. Viimeisessä mittauksessa 27 vuotta istutuksen jälkeen kuusten keskipituus harventamattomassa koivikossa oli noin 2,5 m ja voimakkaasti harvennetuilla koealoilla keskimäärin 4 m. Viimeisen 5-vuotiskauden aikana kuusten pituuskasvu oli nopeinta harvimman koivikon alla, noin 40 cm/v (kuva 1b). Kokonaan vapautetuista kuusikoealoista kahdella oli pituuskasvu samaa luokkaa kuin harvassa koivikossa, mutta yhdellä se oli vain 20 cm/v. Kokonaan harventamattomassa koivikossa kuuset kasvoivat hitaimmin.



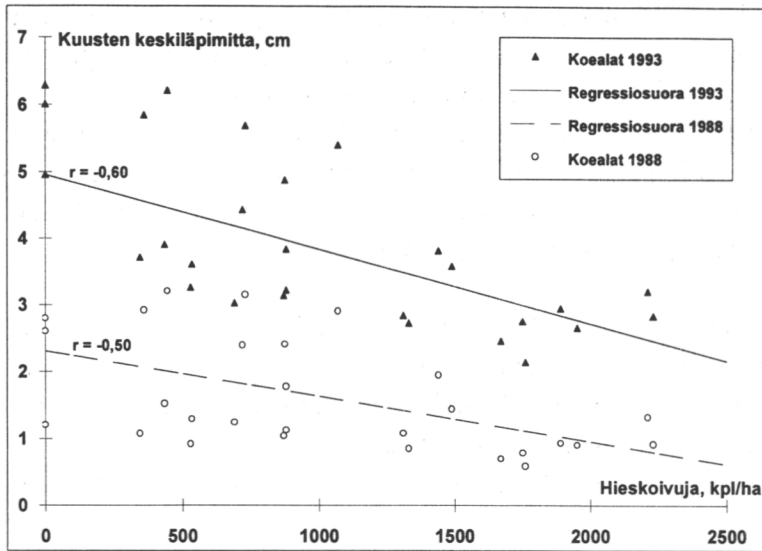
a.



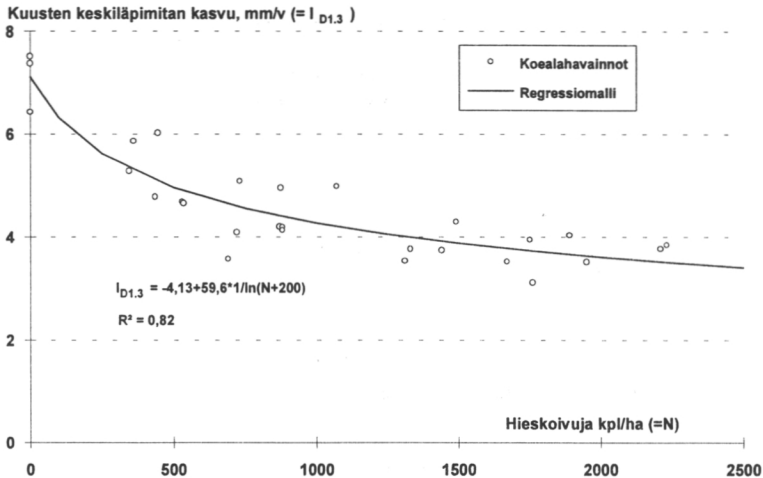
b.

Kuva 1. Istutuskuusten keskipituudet (a) ja niiden kasvu (b) eri tiheyksiin harvennetun turvemaan hieskoivikon alla. Istutettujen kuusten kokonaispituudesta 60 % on kertynyt viimeisten 9 vuoden aikana. Taimet ovat siten ohittaneet hitaan alkukehitysvaiheensa. Ensimmäisten 20 ikävuoden aikana pituutta oli kertynyt keskimäärin vain 1,5 metriä.

Vuonna 1988 viljelykuusten keskiläpimitta oli keskimäärin 2 cm voimakkaasti harvennetuissa koivikoissa ja noin 1 cm harventamattomissa (kuva 2a). Seuraavan 5-vuotisjakson aikana erot eri käsittelyjen välillä lisääntyivät voimakkaasti. Kokonaan vapautettujen kuusentaimien keskiläpimitat olivat viimeisessä mittauksessa keskimäärin 5,8 cm, kun ne harvimmilla koivukoealoilla olivat keskimäärin 4,5 cm ja harventamattomilla 2,7 cm. Koivikon runkoluvun ja kuusentaimien keskiläpimitan väliset korrelaatiokertoimet olivat samaa luokkaa kuin pituuskehityksen yhteydessä todetut. Kokonaan vapautetuissa kuusentaimikoissa oli kui-



a.



b.

Kuva 2. Istutuskuusten keskiläpimitat (a) ja niiden kasvu (b) eri tiheyksiin harvennetun turvemaan hieskoivikon alla.

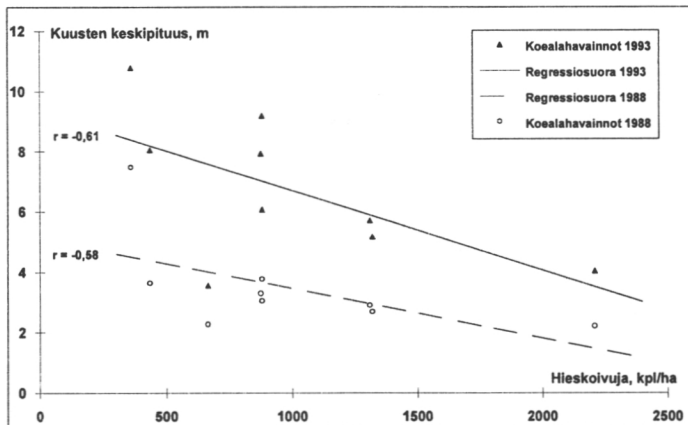
tenkin eroa pituuden ja läpimitan kehityksen välillä. Kun vapautettujen kuusten pituuskasvu jäi vähän pienemmäksi kuin harvan koivikon alla, kasvoivat vapautetut kuuset puolestaan selvästi enemmän paksuutta (kuva 2b).

3.3 Luontaisten kuusten kehitys

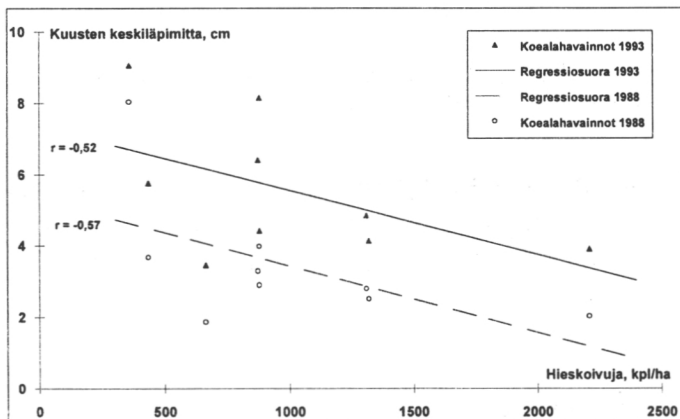
Luontaisesti syntyneet kuuset olivat vuonna 1988 pitempiä kuin istutetut (kuva 3a). Niiden keskipituus riippui koivikon tiheydestä samalla tavalla

kuin istutettujen kuusten. Luontaisten kuusten keskipituus suureni 2 metristä 4,5 metriin, kun koivikon tiheys muuttui 1 500:sta alle 500 puuhun hehtaarilla. Viisi vuotta myöhemmin kuusten keskipituus vaihteli vastaavasti 4 metristä 9 metriin. Poikkeuksena oli yksi koeala, jolla hieskoivikon tiheys oli 700 kpl/ha ja pieniä kuusentaimia oli 3 500 kpl/ha. Muutoin luontaisten kuusten pituuskasvu oli koko mittausjakson ajan sitä suurempaa, mitä harvempi oli päällä kasvanut koivikko.

Luonnontaimien keskipituus kaksinkertaistui viimeisen 5-vuotiskauden aikana, mutta todellinen pituuskasvu ei ollut niin voimakasta, koska pienimpien taimien kuoleminen vääristi keskipituuksiin perustuvaa tulosta. Luontaisten kuusten keskiläpimitan ero harvan ja tiheän koivikon välillä oli noin 2 cm ja se pysyi ennallaan viimeisen 5-vuotiskauden aikana (kuva 3b).



a.



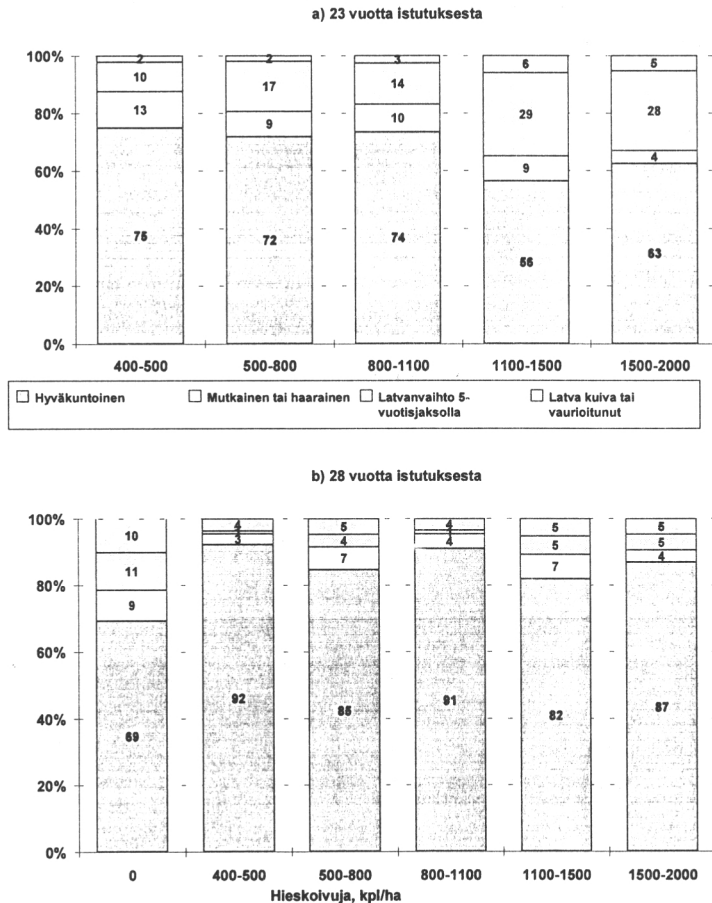
b.

Kuva 3. Luontaisten kuusten keskipituuden (a) ja keskiläpimitan (b) kehitys eri tiheyksiin harvennetun turvemaan hieskoivikon alla.

3.4 Kuusentaimien kunto

Istutetuista kuusista hyväkuntoisten taimien osuus pieni ensimmäisessä mittauksessa 75 prosentista noin 60 prosenttiin, kun päällä kasvavan koivikon tiheys lisääntyi (kuva 4a). Yleisin vika oli viiden edellisen vuoden aikana tapahtunut latvanvaihto, joka yleistyi selvästi koivikon tiheyden lisääntyessä. Samalla tavalla vaihteli muulla tavalla viallisten tai sairaiden latvojen määrä. Jostakin syystä mutkaiset tai haaraiset kuuset yleistyivät päinvastaisessa järjestyksessä. Syynä saattoi olla koivikon ensimmäisessä harvennuksessa syntyneet korjuuvauriot.

Viimeisen viiden vuoden aikana taimien kunto parani. Hyväkuntoisten taimien osuus lisääntyi 80–90 % tasolle eikä riippuvuutta koivikon tiheydestä ollut enää havaittavissa (kuva 4b). Erityisesti latvanvaihtojen määrä oli vähentynyt. Sen sijaan koivikon alta kokonaan vapautetussa taimikossa esiintyi latvavikoja joka viidennellä kuusella.

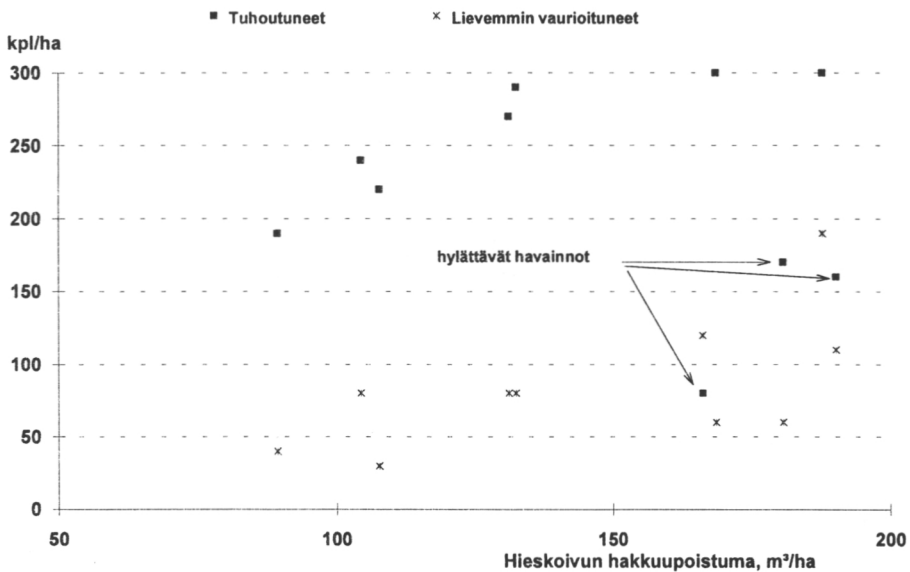


Kuva 4. Hieskoivikon tiheyden vaikutus istutettujen alikasvoskuusten kuntoon.

3.5 Taimikon vapauttaminen

Kuusentaimikon päältä poistetun koivikon runkoluku vaihteli välillä 450–2 200 kpl/ha ja runkotilavuus välillä 89–190 m³/ha. Hakkuupoistuman lisääntyessä tuhoutuneiden kuusentaimien määrä hehtaarilla kasvoi 190:stä 300:aan (kuva 5). Poikkeuksen aiheuttivat kolme koelaa, joissa taimia tuhoutui vähemmän, koska kuusia oli saran keskellä kulkevalla ajouralla selvästi harvemmassa kuin lähellä ojia. Tästä syystä mainitut 3 poikkeavaa havaintoa hylättiin.

Lopuilla koeloilla katkenneita, kaatuneita tai irronneita kuusentaimia oli keskimäärin 260 kpl/ha. Kuolleiden tai kuolevien taimien osuus vaihteli koelaittain 7–20 prosentin välillä ja oli keskimäärin 15 %. Kaatuneet ja katkenneet taimet muodostivat 70 % kuusten korjuuvaurioista (taulukko 2). Yleensä syynä oli metsätraktorin pyörät tai runko, jotka aiheuttivat 83 % havaituista vaurioista. Osa koneen aiheuttamista vaurioista oli eloon jäävien taimien kuorivikoja ja puiden kallistumia. Käytännöllisesti katsoen kaikki korjuukoneen raiteilla tai niiden välissä kasvaneet kuuset tuhoutuivat.



Kuva 5. Ylispuukoivikon hakkuupoistuman vaikutus tuhoutuneiden ja vaurioituneiden kuusentaimien lukumäärään.

Kaikista kuusista noin 5 % vaurioitui niin lievästi, että niiden arveltiin pysyvän elossa. Kallistuneet taimet muodostivat niistä vajaat puolet ja loppuissa latvavauriot olivat hiukan yleisempiä kuin kuorivauriot (taulukko 2). Syynä lieviin vaurioihin oli vähän useammin hakkuu kuin kuorma, taimien kallistumiseen ja kuorivikoihin myös metsäkoneen runko tai pyörät. Kuten tuhoutuneitakin kuusia, myös lievästi vaurioituneita oli enemmän tiheän kuin harvan koivikon jäljiltä (kuva 5). Poistuman ja vaurioituneiden taimien lukumäärän välinen korrelaatiokerroin (r) oli 0,63. Vaurioituneiden taimien osuus koealoittain oli 1–10 %. Voimakkain korrelaatio oli taimien latvavaurioiden ja poistuman tilavuuden välillä ($r = 0,68$), mutta myös kallistuneita taimia löytyi suuremman poistuman jäljiltä enemmän. Syy poistuman vaikutukseen näytti olevan puutavaran siirtelyssä ja kuormauksessa, ei niinkään hakkuussa.

Taulukko 2. Hieskoivikon päätehakkuussa vaurioituneiden kuusentaimien jakautuminen vaurion tyyppin ja aiheuttajan mukaan.

	Vauriotyyppi				Yhteensä tai katkennut
	Latvavaurio	Kuorivaurio	Kallistunut	Kaatonut	
kpl/ha	28	23	44	212	307
% taimista	1,4	1,2	2,2	10,8	15,6
% vaurioista	9,1	7,5	14,3	69,1	100

	Aiheuttaja				Yhteensä
	Hakkuu	Kuorma	Koneen runko	Koneen pyörät	
kpl/ha	34	20	98	155	07
% taimista	1,7	1,0	7,9	5,0	15,6
% vaurioista	11,1	6,5	31,9	50,5	100

Vaurioitumattomia kuusia oli enimmillään 93 % ja vähimmillään 76 % koealan taimimäärästä. Yleensä tuhoutuneet tai vaurioituneet taimet olivat vähän pienempiä kuin koealan muut taimet. Ero oli kuitenkin selvä vain sellaisilla koealoilla, joissa ojanvarsissa kasvoi muita taimia suurempia luontaisesti syntyneitä kuusia.

4. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa seurattiin viljavalle turvemaalle 30-vuotiaan hieskoivikon alle vuonna 1967 istutettujen sekä samoihin aikoihin tai vähän aikaisemmin luontaisesti syntyneiden kuusentaimien kehitystä. Täystiheä koivikko (noin 2 000 kpl/ha) käsiteltiin eriasteisin harvennuksin 8 ja 18 vuoden kuluttua kuusen viljelyn jälkeen. Kolmella koealalla kuusikko vapautettiin 22 vuoden ja kymmenellä koealalla 27 vuoden kuluttua viljelystä. Päällyspuusto mitattiin ensiharvennuksesta lähtien viiden vuoden välein ja alikasvoskuusikko 22 ja 27 vuoden kuluttua istutuksesta.

Istutetun kuusentaimikon kehitys alikasvosasemassa oli hidasta ensimmäisten 18 vuoden aikana. Juromisvaiheen jälkeen noin 1,5 metrin mitaisten ja noin 20-vuotiaiden kuusten pituuden ja läpimitan kehitys riippui selvästi päällä kasvatettavan koivikon tiheydestä. Harvapuustoisessa koivikossa kuusten pituus oli 27 vuoden kuluttua istutuksesta lähes kaksinkertainen harventamattomaan verrattuna. Viimeisellä 5-vuotiskaudella pituuskasvu oli nopeinta harvassa koivikossa (400–500 kpl/ha; 40 cm/v), kun se kokonaan vapautetussa kuusentaimikossa oli vähän alempi. Vapautetun kuusikon pituuskasvun tilapäisen taantumisen ovat havainneet aikaisemmin mm. Cajander (1934), Skoklefeld (1976), Bergan (1971), Heikurainen (1985) ja Koistinen & Valkonen (1993). Eriksson (1976), Bergan (1987) ja Tham (1988) ovat puolestaan todenneet vapautetun kuusikon kasvavan 2–5 vuoden taantumaa jälkeen jopa nopeammin kuin alusta asti vapaana kasvanut samanpituinen kuusentaimikko.

Kuusen paksuuskasvu reagoi koivikon harvennukseen samalla tavalla kuin pituuskasvukin, mutta kokonaan vapautettujen kuusten paksuuskasvu oli selvästi muita voimakkaampaa. Vapautetuissa kuusissa ei havaittu valon äkillisestä lisääntymisestä johtuvia vaurioita. Koivikon alla kuuset saavat runsaasti valoa koivun lehdettömänä aikana, joten ylispuiden poistaminen ei aiheuta yhtä suurta muutosta valaistuksessa kuin havupuuston alta vapautettaessa. Mittausjakson aikana ei havaittu myöskään hallatuhoja, joita olisi saattanut esiintyä laaja-alaisemman hakkuun yhteydessä. Saarisen (1995) mukaan kuusten ravinnetilassa tapahtuu voimakkaita muutoksia vapauttamisen jälkeen, neulasten typpipitoisuus nousee useiksi vuosiksi, fosforipitoisuus nousee tilapäisesti ja kaliumpitoisuudet laskevat. Mahdollisen ravinne-epätasapainon sekä äkillisen valo- ja lämpöolojen voimakkaan muutoksen lisäksi vapautettujen kuusentaimien kehitystä voivat häiritä hakkuun aiheuttamat vesitalouden muutokset (Heikurainen & Päivänen 1970, Päivänen 1980).

Luontaisten kuusten kehitys oli nopeampaa kuin istutettujen. Syynä oli ilmeisesti niiden suurempi ikä ja sijainti keskimäärin paremmissa kasvuolosuhteissa lähellä oja. Jo mittauksia aloitettaessa luontaiset kuuset olivat keskimäärin kookkaampia kuin istutetut. Hieskoivikon tiheys vaikutti samalla tavoin niin viljeltyjen kuin luontaistenkin taimien kehitykseen.

Tiheimmissä luonnontaimikoissa kuusia tuhoutui mittausjakson aikana, mutta kuolleisuus ei riippunut koivikon tiheydestä. Kuusentaimet olivat enimmäkseen terveitä ja hyvärunkoisia. Ensimmäisinä vuosina koivikon toisen harventamisen jälkeen kuusten latvat olivat huonokuntoisempia tiheissä koivikoissa kuin harvennetuissa. Samaan aikaan osuivat poikkeuksellisen kylmät ja routaiset talvet 1986–87, joiden on todettu heikentäneen puuston kasvua ja terveydentilaa etenkin turvemilla. Koivikon tiheyden vaikutus kuusten kuntoon näytti ohimenevältä, koska erot latvusten kunnossa vähenivät toisen mittausjakson aikana.

Voimakkaasti harvennetun hieskoivikon tuotos oli mittausjaksolla 3,2 m³/ha/v ja lievästi harvennetun tai harventamattoman 4,1 m³/ha/v. Aikaisemmin saatavat hakkuutulot voimakkaasti harvennetussa ja luonnonpoistuma tiheässä hieskoivikossa aiheuttavat sen, ettei hieskoivikon käsittelyjen välillä ole kasvueroista huolimatta suuria kannattavuuseroja. Tästä syystä päällyspuustona kasvavan hieskoivikon käsittelyssä voidaan joustaa alikasvoskuusten kehityksen vaatimalla tavalla. Tiheä koivuyli- puusto hidasti selvästi kuusentaimien pituuden ja läpimitan kehitystä. Toisaalta harventamatonkaan koivikko ei ole esteenä kuusentaimikon syntymiselle. Kuusten kehitys on vain hitaampaa ja taimikon vapauttaminen saattaa olla suuren poistuman takia teknisesti vaikeampaa verrattuna harvaan koivikkoon.

Tuhoutuneiden kuusentaimien määrä riippui tutkimuskoealoilta poistetun koivikon puumäärästä. Sekä tuhoutuneita kuusia että hakkuun, puutavaran siirtelyn ja kuormauksen yhteydessä syntyneitä lievempiä vaurioita oli suuremman poistuman jäljiltä enemmän. Tuhoutuneita ja vaurioituneita taimia oli yhteensä 230–500 kpl/ha. Kesäaikana moottorisahtyönä tehty hakkuu onnistui siis erittäin hyvin, kun koivut kaadettiin latvat ajouralle tai ojan päälle suunnaten. Kaatuneet ja katkenneet kuuset esiintyivät lähes poikkeuksetta metsätraktorin raiteilla tai niiden välissä. Tuhoutuneiden taimien osuus 15 % vastaa noin 4,5 metrin levyisen ajouran pinta-alaa koealoilla, joiden leveys oli keskimäärin 32 m. Tuhoja oli tätä vähemmän koealoilla, joissa ojanvarret olivat taimettuneet keski-

määräistä paremmin ja enemmän siellä, missä oli ylimääräisiä pistouria tai korjuukoneen kääntöpaikkoja.

Peltoniemen (1991) tutkimuksessa poistettiin järeä suojuspuusto, josta puolet oli kuusia. Koneellisessa korjuussa vaurioitui 19–26 % taimista, kone- ja miestyön yhdistelmässä 26 % ja miestyönä tehdyssä hakkuussa 11–23 % taimista. Maukosen (1987) tutkimuksessa kuusialikasvoksesta vaurioitui 33 % miestyönä tehdyssä hakkuussa, kun ylispuuston keskimääräisestä hakkuukertymästä 133 m³/ha oli koivua noin puolet sekä mäntyä ja kuusta neljäsosa kumpaakin. Syynä vähäisempiin korjuuvaurioihin tässä tutkimuksessa saattoi olla se, että nuorena tiheässä kasvatetun hieskoivikon oksisto oli hennompi ja rungot pienempiä kuin ylispuut em. tutkimuksissa, joissa kaatuva puu ja hakkuutähteet olivat yleisin vaurion aiheuttaja. Myös ojalinjosten hyväksikäyttö suunnatussa kaadossa voi vähentää vaurioita turvemailla.

Mielikäisen ja Valkosen (1994) mukaan kuusikon vapauttamista ei pidä kiirehtiä. Kuusentaimikon päällä kasvava nuorehko tiheä koivikko kannattaa harventaa tukkituotoksen lisäämiseksi, mutta varttunut tukkipuu-koivikko jättää harventamatta. Turvemaan hieskoivikoissa vaneripuun tuotos jäi vähäiseksi eikä se lisääntynyt harventamisen seurauksena (Niemistö 1991). Vaikka päällyspuukoivikko tuottaisi pelkästään kuitupuuta, ei sitä ilmeisesti kannata poistaa kuusikon päältä ennen kuin sen oma taloudellinen kiertoaika on päättymässä 60–70 vuoden iässä. Tilanne on toisenlainen silloin, jos koivikon ja kuusikon ikäero on niin pieni, että kuusenlatvat ehtivät nousta koivun elävään latvustoon, jolloin koivut piiskaavat kuusia (Leikola & Rikala 1983, Heikurainen 1985). Tällöin koivikkoa kannattaa harventaa voimakkaasti ja tarvittaessa poistaa puut aikaisemmin kuin vastaavanlaisessa puhtaassa koivikossa.

Kirjallisuus

- Andersson, O. 1988. Severely suppressed trees of *Picea abies* as complement at forest regeneration. Swed. Univ. Agric. Sci Dept. for Yield Res Rep No. 24, Garpenberg.
- Bergan, J. 1971. Skjermforyngelse av gran samenlignet med plantning i Grane i Nordland. Summary: Natural Norway spruce regeneration under shelterwood compared with plantations at Grane in Nordland. Meddelser fra det Norske skogforsöksvesen 28(104): 194–211.
- 1987. Virkningen av bjørkeskjerm på etablering og vekst hos bartraer utplantet i Nord-Norge. Summary: The influence of birch shelter trees

- on establishment and growth of conifers planted in North Norway. Norsk Institutt for Skogsforskning, Rapport 10. 47 s.
- Cajander, E. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituus-kasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(5). 59 s.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41. 291 s.
- Folkesson, B. & Bjärring, U. 1982. Exempel på en riklig björkförekomst inverkan på utvecklingen av unga tall- och granbestånd i norra Sverige. Summary: Some examples of the influence of an abundant occurrence of birch on the development of young Norway spruce and Scots pine stands in north Sweden. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig herbologi. Rapport 1. 64 s.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. Acta Forestalia Fennica 69(1): 1–279.
- 1985. Verhoppuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stand on drained peatlands. *Silva Fennica* 19(1): 81–88.
- & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear-cutting, and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. Seloste: Harvennuksen, avohakkuun ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin. Acta Forestalia Fennica 104. 23 s.
- Huikari, O. 1954. Koivun metsänhoidollisesta merkityksestä. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 6–7: 253–254.
- Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. *Folia Forestalia* 625: 1–75.
- Keltakangas, M. & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatusta taloudellisena vaihtoehtona. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 11(1): 49–68.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. *Silva Fennica* 27(3): 179–194.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuotostaulukoita. Summary: Growth and yield tables. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8): 1–49.
- Kuusela, K., Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. Summary: Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982–1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- Laitakari, E. 1934. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch. Acta Forestalia Fennica 41: 1–216.
- Leikola, M. 1975. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand

- temperature conditions in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85(7): 1–33.
- 1976. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikön säteilyoloihin. Summary: Effect of the density of the nurse crop on solar radiation inside the stand. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 90(1). 33 s.
- & Pylkkö, P. 1969. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikön minimilämpötiloihin hallaöinä. Summary: On the influence of stand density on the minimum temperatures during frost nights. *Silva Fennica* 3(1): 20–32.
- & Rikala, R. 1983. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 559. 33 s.
- Lukkala, O. J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(3): 1–150.
- Maukonen, A. 1987. Ylispuuhakkuun taimikolle aiheuttamat vauriot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 244. 30 s.
- Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1994. Kaksijaksoisen koivu-kuusi sekametsikön kasvumallit. *Folia Forestalia*. Käsikirjoitus.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajoantumisenopeudesta. Summary: Experiments of the rate of decomposition of forest litter. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43: 1–50.
- Multamäki, S. 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. *Acta Forestalia Fennica* 51(1): 1–353.
- Mälkönen, E. 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kierto- kulku eräässä koivikossa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(5): 1–35.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemailla. Summary: Growing density and thinning models for *Betula pubescens* stands on peatlands in northern Finland. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- Oikarinen, M. & Pyykkönen, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. Abstract: The effects of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtillus spruce swamp in Ostrobothnia. *Folia Forestalia* 486. 15 s.
- Paavilainen, E. 1966. On the relationship between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. Selostus: Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 62(1): 1–15.
- Peltoniemi, T. 1991. Ylispuiden poisto konetyönä, miestyönä ja niiden yhdistelminä. Metsätehon katsaus 18/1991. 4 s.
- Päivänen, J. 1980. Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus vanhojen metsäojitusalueiden vesitalouteen. *Silva Fennica* 14(2): 214–217.

- Saarinen, M. 1995. Alikasvosten ravinnetalous ojitusalueilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). 1995. Metsäntutkimuspäivä Tampe-reella 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 36–44.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kai-nuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(2): 1–59.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimistot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29(1): 11–16.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen pak-susammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. *Acta Forestalia Fennica* 62: 1–408.
- Skoklefald, S. 1976. Fristilling av naturlig gjenvekst av gran. Summary: Release of natural Norway spruce regeneration. *Meddelser fra det Norske skogforsöksvesen* 23(85): 385–409.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Sammanfattning: Produktionsförutsägelser vid kraftiga gallringar av björk i blandbestånd av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) och björk (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report 23.
- Thesslund, O. 1975. Kookkaan kuusitaimiston vaurioitumisesta ylispuu-den poistossa. Tutkimusseloste 43/75. Tehdaspuu Oy. Moniste.
- Verkasalo, E. 1988. Hieskoivu vaneripuuna. Julkaisussa: Metsäteknolo-gian teemapäivä Suonenjoella 16.2.1988. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286: 96–109.

Paanajärven paluu maailmankartalle

Leo Koutaniemi

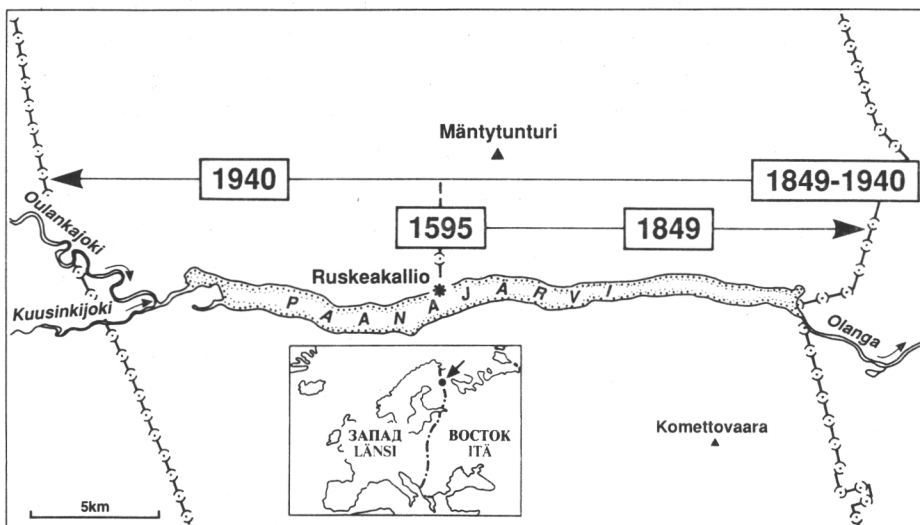
Oulun yliopisto, Maantieteen laitos
Linnanmaa, 90570 OULU

Entiseen Kuusamoon kuulunut Paanajärvi oli aikoinaan Kolin ohella Suomen matkailukirjallisuudessa kuvatuimpia kohteita. Kun Paanajärvi toisen maailmansodan jälkeen liitettiin Neuvostoliittoon, sen ylle laskeutui kuolemanhiljaisuus — Paanajärvi oli pyyhkäisty maailmankartalta. Lähtölaukaus Paanajärven paluulle tapahtui syksyllä 1987, kun julkinen sana tiedotti suunnitelmista valjastaa Paanajärvi ydinvoiman tarpeisiin. Laajojen kansalaispiirien jyrkät kannanotot Karjalassa ja Suomessa pysäyttivät valjastamisaikheet heti alkuunsa. Reino Rinne paikallinen tutkimustieto tukenaan toimi priimus-moottorina voimalaitoshankkeen kaatamisessa. Hyvin pian Karjala sai myös Moskovan keskushallinnon vakuuttuneeksi Paanajärven ainutkertaisuudesta; suojelu astui voimaan jo toukokuussa 1992.

Paanajärvi sijaitsee lähellä napapiiriä Venäjän Karjalassa Suomen itärajan välittömässä läheisyydessä. Järveen laskee Suomesta kolme tunnettua taimenjokea, Kitkajoki, Kuusinkijoki ja Oulankajoki. Tätä Paanajärveä ei tule sotkea etelämpänä Vienan Kemjoen varrella sijaitsevaan Paanajärveen, jossa suomalaiset monitoimikoneet ovat saaneet viime aikoina kyseenalaista kunniaa. Tätä toista Paanajärveähän uhkaa täysi tuho Valkeakosken valjastamisen myötä. Samoilla toimenpiteillä tuhottiin esimerkiksi 1960-luvulla kaikki Pohjois-Vienan ikivanhat karjalaiskylät Paanajärven rantamaisemista.

Paanajärven alue ja laajemmin koko ns. Kuusamon-Sallan luovutettu alue ovat osa Balkanilta Pohjoiseen Jäämereen ulottuvaa vyöhykettä, josta suurvallat ovat kiistelleet iät ajat (kuva 1). Vyöhykkeen pohjoisosissa on ollut rauhallista toisen maailmansodan jälkeen. Samaa ei voi sanoa eteläisemmästä päästä, jossa lähes täysi sota on riehunut jo vuosien ajan.

Paanajärven sijainti on ollut sille sekä siunaus että kiro. Siunausta paikka sai erityisesti Suomen autonomian aikana (1809–1917), jolloin Paanajärvi oli yksi tärkeimmistä porteista Karjalaan. Tämä portti kuten muutkin Kuusamon vedenjakaja-alueelta alkunsa saavat vesireitit, joita on kaikkiaan lähes kymmenen, on ollut tunnettu jo vuosituhansien ajan. Vanhimmat asutuksen merkit Paanajärvellä ovat ainakin 6 000–7 000 vuoden takaa.



Kuva 1. Suomen itäraja Paanajärven kohdalla eri aikoina (Koutaniemi ym. 1993).

Rahallista siunausta Paanajärvelle autonomian aikana toivat ennen muuta metsänhakuut, uitto, raja-kauppa ja rahdinajo välillä Oulu—Kanta-lahti. Karelianismi eli täällä kukoistustaan. Jo tuolloin matkustettiin muualta Suomesta Paanajärvelle ihailemaan sen kauneutta. Suurelle yleisölle tarkoitettuja matkakertomuksia kirjoitettiin täältä enemmän kuin mistään muusta yksittäisestä kohteesta Pohjois-Suomessa. Paanajärvi ympäristöineen oli tuohon aikaan myös luonnontieteilijöitä kiinnostava tutkimuskohde, eräänlainen ”mekka”, jossa jokaisen itseään kunnioittavan luonnontieteilijän tuli käydä, vaikkei tutkimusta tehnytkään.

Rajaedun loppuhuipentuma koettiin ensimmäisen maailmansodan vuosina. Kaikenlainen kauppa ja tavaravaihto, niin laillinen kuin laitonkin, tuottivat tuolloin paremmin kuin koskaan aiemmin. Tämä johti ajan mittaan siihen, että Kuusamon rajakylät, Paanajärvi ja sen eteläpuolinen Tavajärvi, olivat kirkonkylän jälkeen vauraimmat alueet toiseen maailmansotaan tultaessa.

Kiroa rajasijainnista on ollut lähinnä vain talvisodan jälkeen, jolloin silloinen Neuvostoliitto halusi ehdottomasti alueen omistukseensa. Suomi joutuikin sitten luovuttamaan Paanajärven Moskovan rauhassa vuonna 1940. Voitokkaasti alkanut jatkosota antoi toiveita alueen takaisin saamisesta, mutta sodan jatkuttua toiveet alueen palauttamisesta Suomelle karisivat. Paanajärven ylle laskeutui kuolemanhiljaisuus.

Tämän päivän Paanajärvi on jokseenkin siltään kuin suomalaiset sen jättivät syyskesästä 1944. Vain yksittäiset vielä pystyssä tönöttävät savupiiput kukkaisketojen keskellä muistuttavat menneestä korkeakulttuurista, loiston päivistä, joista alueen nykyisillä omistajilla ei vielä muutama vuosi sitten ollut juuri mitään tietoa. Nyt tilanne on jo vallan toinen, kiitos Paanajärven valjastamisuhan (kuva 2), joka palautti Paanajärven maailmankartalle nopeammin ehkä kuin se mistään muusta syystä olisi voinut tapahtua. Kiitos myös kaikkien kansalaisjärjestöjen ja tutkijapiirien rahan molemmin puolin, että Moskova saatiin vakuuttuneeksi Paanajärven alueen suojelutarpeesta. Toukokuussa 1992 Moskovan siunauksen saanut suojelu nyt on vähintään, mitä Suomesta katsoen tälle alueelle saattoi toivoa (kuva 3).



Kuva 2. Paanajärven valjastamishankkeen aikaista lehtikirjoittelua (Koutaniemi ym. 1993).

Myönteistä Paanajärven alueen historiassa on se, että Paanajärven luonto on nyt paljon upeampi kuin vuosisata sitten. Vanhojen valokuvien perusteella monet paikat, kuten esimerkiksi Kivakkakosken ja Niskakosken ympäristöt olivat huonossa tilassa metsähakkuiden ja uiton jäljiltä. Irvokasta koko suojeluasiassa on se, että suojelu tuli mahdolliseksi vasta kun Suomi oli joutunut luopumaan Paanajärvestä. Kun Oulangan kansallispuiston aluetta kaavailtiin 1920-luvulla liiallisen ihmistoiminnan vuoksi, Paanajärvi rajattiin puiston ulkopuolelle.



Kuva 3. Paanajärven kansallispuisto toukokuussa 1992 vahvistettuine rajoineen (Koutaniemi ym. 1993).

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta

- Halonen, P., Ohenoja, E., Ulvinen, T. & Virtanen, R. 1994. Koillismaan sammalet, jäkälät ja sienet. *Luonnon Tutkija* 98(2): 60–65.
- Helle, P., ym. 1982. Koillismaan bio- ja geotieteellinen bibliografia. Oulun yliopiston Oulangan biologisen aseman monisteita 3. 43 s.
- Koljonen, A. 1983. Kuusamon siirtoväki. *Nordia Tiedonantoja* B.1 98 s.
- Koutaniemi, L. 1987. Geotieteet ja Koillismaa. *Oulanka Reports* 7: 25–37.
- Koutaniemi, L. 1992. Oulanka—Paanajärvi -alueen nousu maailmankartalle. *Terra* 104: 111–125.
- Koutaniemi, L. & Eurola, S. 1991. Paanajärven erikoisuuksia. *Oulun Luonnonystävien Yhdistys* 16: 2–13.
- Koutaniemi, L., Systra, Y., Kuusela, K. & Shustov, J. (toim.) 1993. Paanajärven kansallispuisto. Паанаярвский Национальный Парк. Paanajärvi—Oulanka Säätio, Kuusamo. 159 s.
- Lampinen, J. 1992. Koillismaan vesistöbibliografia. Oulun yliopiston Oulangan biologisen aseman monisteita 14. 40 s.
- Muotka, T. & Tikkanen, P. 1994. Pohjoisten virtavesien eliöyhteisöt — vieriviä kiviä ja tilajärjestystä. *Luonnon Tutkija* 98(2): 73–76.
- Mönkkönen, M. & Helle, P. 1994. Lintututkimus Koillismaalla — Merikalliosta maisemaekologiaan. *Luonnon Tutkija* 98(2): 66–69.

- Sulkava, S., Tornberg, R. & Viro, P. 1994. Koillismaan pikkunisäkkäistä. *Luonnon Tutkija* 98(2): 70–72.
- Vasari, Y. 1978. Kuusamon luonto ja sen kehitysvaiheet. *Kuusamon historia I*. s. 863–999.
- Vasari, Y. & Huttunen, A. 1994. Koillismaa — portti eliöille ennen ja nyt. *Luonnon Tutkija* 98(2): 57–59.
- Viramo, J. (toim.) 1979. Kuusamon alueen luonnosta. *Acta Universitatis Ouluensis ser. A* 68(4). 236 s.
- Viramo, J. (toim.) 1988. Karl Fazer -symposio. *Oulanka Reports* 8. 119 s.
- Viramo, J. (toim.) 1993. Oulanka—Paanajärvi -symposio 16.–17.3.1993. *Oulanka Reports* 12. 138 s.
- Viramo, J. 1994. Koillismaa — rajojen eliömaakunta. *Luonnon Tutkija* 98(2): 52–56.
- Viramo, J. 1994. Paanajärvi — kansallispuisto itärajan takana. *Luonnon Tutkija* 98(2): 80–85.



Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot

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

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

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatusta Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaisen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.

- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyn-
taimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita eri-
laisten jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealus-
talla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tal-
lennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten
tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tut-
kimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla
1970-luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat
tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
- Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
- Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vai-
kutukset männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla.
1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 23.11.1993. 1994.
- Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä -
mätästyksen perusteet. 1994.
- Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen kes-
kinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The
importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth
increase of tree stands on pine mires. 1994.
- Nro 533. Jukka Valtanen. Pohjois-Suomen suuret avohakkuut 1946-70. Yhteiskun-
nallinen tausta, toteutus ja vaikutukset. 1994.
- Nro 550. Jukka Valtanen. Koekentiltä käytäntöön. Muhoksen tutkimusasema 1969-
94. 1995.
- Nro 551. Jukka Valtanen. The natural regeneration of forests in Finland and Russian
Karelia. 1995.