



100 vuotta tutkimuksen ja opetuksen yhteistyötä Tuomarniemellä

Jussi Saramäki, Pentti Niemistö & Ari Kokko (toim.)

KANNUKSEN TUTKIMUSASEMA
PARKANON TUTKIMUSASEMA
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

100 vuotta tutkimuksen ja opetuksen yhteistyötä Tuomarniemellä

Jussi Saramäki, Pentti Niemistö & Ari Kokko (toim.)

KANNUKSEN TUTKIMUSASEMA
PARKANON TUTKIMUSASEMA
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

100 vuotta tutkimuksen ja opetuksen yhteistyötä Tuomarniemellä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 891. 94 s. ISBN 951-40-1879-6. ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon ja Kannuksen tutkimusasemat sekä Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen.
Toimitus: Jussi Saramäki, Pentti Niemistö & Ari Kokko.
Taitto: Ari Kokko.
Kannen kuvat: Ylempi kuva: Liisa ja Samuli Taimiston kokoelma. Oppilaita hankikylvössä.
Alempi kuva: Lusto / Yrjö Ilvessalon kokoelma. Kuvaaja Olli Heikinheimo 1912. Paljaaksihakuu kuusta kasvavalla mäntymaalla.

Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 KANNUS, puh. 010 2111.
e-mail: jussi.saramaki@metla.fi, ari.kokko@metla.fi.
Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39 700 PARKANO, puh 010 2111.
e-mail: pentti.niemisto@metla.fi.
Julkaisun myynti: Metsäntutkimuslaitos, kirjasto, puh. 010 2111, faksi 010 2201, e-mail: kirjasto@metla.fi.

Copyright: Metsäntutkimuslaitos

Gummerus Kirjapaino Oy
Jyväskylä 2003

Sisällys

Tapani Tasanen Saatteeksi	5
Sulevi Riukulehto Hankikylvöä ja kulotusta Metsäntutkimuksen varhaisvaiheet Tuomarniemen metsänvartijakoulussa ja metsäkoulussa	7
Antti Isomäki Metsäntutkimuslaitoksen koetoiminta Tuomarniemellä	17
Jussi Saramäki ja Jari Hynynen Kuusikoiden harventamisesta	25
Pentti Niemistö Kuusialikasvosten kehitys harvennusmetsissä	39
Kaarlo Kinnunen Männyn uudistaminen luontaisesti ja kylväen	57
Markku Saarinen Luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla	63
Jyrki Hytönen, Marja Maljanen, Mika Yli-Petäys, Jukka Laine, Pertti J. Martikainen ja Kari Minkkinen Metsitettyjen suopeltojen kasvihuonekaasujen taseet – tutkimuksen esittely	75
Paula Jylhä Ensiharvennusmännyn paalaaminen osapuuna integroidussa kuitu- ja energiapuun korjuussa	83
Lasse Aro ja Aino Rantavaara Haittojen vähentäminen metsätaloudessa radioaktiivisen laskeuman jälkeen	91

Saatteeksi

Tuomarniemi on toiminut metsäalan opinahjona sadan vuoden ajan. Juhlavuotemme ohjelmaan sisältyy toistakymmentä tapahtumaa, joista yhdessä Metsäntutkimuslaitoksen kanssa tammikuussa järjestämämme tutkimuspäivä oli ensimmäinen. Metla on tutkimustiedon tuottajana yksi tärkeimmistä yhteistyökumppaneistamme. Huomattava osa Suomen olosuhteita koskevasta metsätiedosta on sen tuottamaa. Tämä metsiä ja metsätaloutta koskeva tieto muodostaa opetuksellemme vankan perustuksen.

Yhteistyötä Metsäntutkimuslaitoksen ja Tuomarniemen välillä on ollut siitä pitäen, kun Metsätieteellinen koelaitos aloitti toimintansa vuonna 1918. Sen ensimmäinen johtaja, metsänhoidon professori Olli Heikinheimo toimi vuosina 1906–12 yhteensä neljän vuoden ajan Tuomarniemen metsänvartijakoulun opettajana ja johtajana. Heikinheimo muistelee tätä aikaa Tuomarniemen 50-vuotisjuhlijulkaisuun vuonna 1953 kirjoittamassaan artikkelissa ”*Tuomarniemi, paras käymäni koulu*”:

”Tunnettua on, että alotteen Tuomarniemen metsäkoulun perustamiseen on tehnyt ylijohtaja P. W. Hannikainen. Käydesäni häntä onnittelemassa hänen 70-vuotispäivänään v. 1927 hän mainitsi elämänsä arvokkaimpina saavutuksina kolmen metsäkoulun perustamisen sekä Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen aikaansaamisen. Niistä minunkin on häntä kiittäminen: ensiksikin, että olen saanut käydä parhaan kouluni Tuomarniemellä ja toiseksi työskennellä jälkimmäisessä kolmannesvuosisadan ja koettaa soveltaa siellä sitä opetusta, jota olen Tuomarniemellä saanut koulun ensimmäisiltä opettajilta ja työtovereiltani. Viimeksi mainittuihin luen myös oppilaani.”

Heikinheimon tullessa Tuomarniemelle siellä toimivat johtajan ja opettajan tehtävissä metsänhoitajat Ernst Nylander ja

A. Benjamin Helander, joita Heikinheimo muistelee lämmöllä:

”On ilmeistä, että työskentely ja yhdessäolo näiden miesten kanssa antoi minulle ratkaisevassa kehitysvaiheessani arvokkaita herätteitä ja ohjeita vastaiselle toiminnalleni metsätalouden piirissä. Tätä oli omiaan tehostamaan myös Suomen metsätaloudessa näihin aikoihin tapahtuva ripeä kehitys.”

Tunnettuja metsäntutkijoita tuli myös Tuomarniemen opettajista Erik Lönnrothista ja Ilmo Lassilasta, jotka loivat tiedemiehen uransa Helsingin yliopistossa.

Tuomarniemen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyötä on myöhemmin syventänyt erityisesti 1960-luvulla aloitettu alueellinen tutkimustoiminta. Länsi-Suomeen perustettiin Parkanon ja Kannuksen tutkimusasemat, joiden kanssa Tuomarniemi on ollut monin tavoin kiinteässä vuorovaikutuksessa. Lukuisille opiskelijoillemme on tarjottu mahdollisuus suorittaa työharjoittelunsa tai tehdä opinnäytetyönsä näillä tutkimusasemilla ja niiden koekentillä. Tuomarniemen lähialueilla on useita Metsäntutkimuslaitoksen pitkäaikaisia kokeita. Vuosikymmenten mittaan laitoksen tutkijat ovat osallistuneet erityisasiantuntijoina Tuomarniemen opetukseen.

Tämä julkaisu koostuu edellä mainitsemani tutkimuspäivän esitelmistä. Aluksi Sulevi Riukulehto ja Antti Isomäki tarkastelevat metsäntutkimuksen varhaisvaiheita sekä Metlan koetointia Tuomarniemellä. Loput esitelmät koostuvat Kannuksen ja Parkanon tutkimusasemien tutkijoiden ajankohtaisista tutkimustuloksista. Ne ovat hyviä esimerkkejä siitä soveltavasta tutkimuksesta, jota Tuomarniemi sekä muut metsäalan ammattikorkeakouluyksiköt ja oppilaitokset käyttävät opetuksessaan.

Toivon yhteistyön jatkuvan Metsäntutkimuslaitoksen ja Tuomarniemen välillä myös tulevinä vuosina.

Hankitylvöä ja kulotusta

Metsäntutkimuksen varhaisvaiheet Tuomarniemen metsänvartijakoulussa ja metsäkoulussa

*Sulevi Riukulehto
Etelä-Pohjanmaan
korkeakouluyhdistys*

Suomalaisen metsäntutkimuksen juuret ovat Evon metsäopiston varhaisissa töissä (A. G. Blomqvist & Verner Cajanus). Evon ohjesäännössä määrätään, että opiston piti huolehtia tarpeellisten taimitarhojen perustamisesta sekä koti- ja ulkomaisten puulaajien istuttamisesta. (1) Metsäopiston päätehtävänä ei kuitenkaan ollut tutkimus vaan koulutus. Niinpä metsätieteellinen tutkimus oli 1900-luvun alussa yhä vailla kotia. Siihen kiinnitti huomiota mm. yksityismetsäkomitea mietinnössään 1898. Se ehdotti perustettavaksi ”metsänhoidollisen koetuslaitoksen” ja ”luonnontieteellisen havaintotoimen”, jossa ensisijalla olisivat ilmatieteelliset havainnot metsien vaikutuksesta luonnoloihin. A. K. Cajander määrättiin tekemään perusteellinen selvitys tutkimuslaitoksen tarpeesta sekä siitä, miten metsäntutkimus oli ulkomailla järjestetty. (2)

Uutta tutkimuslaitosta jouduttiin kuitenkin odottamaan vielä 20 vuotta. Siihen saakka metsäntutkimustarpeeseen vastattiin mm. Evon metsäkoulussa ja 1900-luvun alussa perustetuissa uusissa metsänvartijakouluissa, joista ensimmäinen aloitti Ähtärin Tuomarniemellä loppusyksystä 1903 ja seuraavat kolme ensimmäisellä vuosikymmenellä: Nikkarila ja Rovaniemi (1904) ja Söderkulla (1908). Metsätieteellistä tutkimusta edistänyt Suomen Metsätieteellinen Seura perustettiin 1909 ja Metsätieteellinen koelaitos vasta vuonna 1917 (myöh. Metsäntutkimuslaitos). (3)

Tutkimus- ja koetoinnin alku Tuomarniemen metsänvartija- koulussa

Uusista metsänvartijakouluista erityisesti Tuomarniemen opettajakunta kiinnostui tutkimuksesta. Koululle oli keskittynyt hyvä joukko innokkaita, tuotteliaita ja tutkimukseen suuntautuneita metsänhoitajia, joista myöhemmin tuli maamme eturivin metsätieteilijöitä ja metsähallinnon asiantuntijoita: vuosien 1903 ja 1913 välillä koululla vaikuttivat Ernst Nylander (myöhempi Metsähallituksen metsänhoidon ylitarkastaja), A. Benjamin Helander (myöh. yksityismetsänhoidon professori hc. ja paljon muuta), Olli Heikinheimo (myöh. metsäntutkimuslaitoksen professori). Myös metsänarvioinnin professoriksi ja Helsingin yliopiston rehtoriksi edennyt Erik Lönnroth aloitti opetustyönsä Tuomarniemellä, mutta koulun vuosikertomusten ja Lönnrothin omien muistelmien mukaan hän ei näytä olleen samalla tavoin tutkimusorientoitunut. (4)

Toinen syy tutkimustoiminnan vahvuuteen juuri Tuomarniemellä oli koululla kehitelty vartiopiirijärjestelmä. Käytännöllisten töiden opetusmenetelmäksi kehitelty järjestelmä oli metsänvartijakoulun tärkein didaktinen keksintö. Jokaiselle oppilaalle arvottiin oma vartiopiiri, josta hän oli vastuussa. Oppilas kartoitti ja inventoi piirinsä, teki sinne hakkuu- ja hoitosuunnitelmat, johti piirinsä työt ja laati vartiopiirikertomuksen. Vartiopiirijärjestelmän ansiosta yksikään Tuomarniemeltä valmistunut metsänvartija ei joutunut työnjohtotehtäviin pelkän kirjaviisauden varassa; jo ensimmäiseen työpaikkaan astuessaan jokaisella oli käytännön kokemusta vastuulle asetetun vartiopiirin hoitamisesta. Järjestelmä noteerattiin myös Metsähallituksessa. (5) Epäilemättä vartiopiirijärjestelmä olisi jäljennet-

ty muillekin metsänvartijakouluille, mutta kaikkialla ei ollut sopivaa hoitoaluetta tarpeeksi lähellä.

Tuomarniemellä koesarjoja ja kenttätutkimuksia tehtiin enimmäkseen metsissä, missä vartiopiirit muodostivat kätevän palsoitituksen. Koealojen seuranta sujui puoliksi itsestään, kun oppilaat laativat vartiopiirikertomuksensa ja siihen liittyvät kartat ym. asiakirjat. Tutkimuksia tehtiin myös taimitarhan ja koulutilan erilliskokeissa. Enin osa koetoiminnasta oli luonnollisesti siementen karistukseen, viljavuuteen, kylvöön, istutukseen ja ylipäättään metsänhoitoon liittyvää kehitystyötä, mutta toisin kuin myöhemmissä metsäkouluissa ja -opistoissa, Tuomarniemen metsänvartijakoulussa tehtiin myös mittavaa metsätieteellistä perustutkimusta. Valtakunnallisesti merkittäviksi nousivat siementen karistukseen, eri kylvömenetelmiin (varsinkin hankikylvöön), ulkomaisiin puulajeihin ja kulotukseen liittyvät koealatutkimukset, jotka kestivät vuosikymmeniä. Nämä ovat juuri niitä tutkimusaloja, joilla metsätieteellistä koetoimintaa pohtinut valtionkomitea perusteli koealaitoksen rakentamistarvetta 1913 (6).

Koetoiminta aloitettiin jo koulun ensimmäisen johtajan Ernst Nylanderin aikana. Hänen tärkein alansa oli siementen karistusmenetelmien ja karistuslaitosten kehittäminen. Hän kehitti käpyjen keruu- ja karistusmenetelmät liiketoiminnaksi asti ja kirjoitti Tuomarniemen kokemuksiin perustuvan opaskirjan, jota käytettiin koko Suomessa – tietysti myös Tuomarniemen metsänvartijakoulussa. (6b) Ensimmäiset kävyt kerättiin heti keväällä 1904. Virkatalon riihestä korjattiin koulun ensimmäinen käpyriihi, jossa toiminta voitiin aloittaa. Nylanderista tuli karistamisen johtava asiantuntija maassamme. Metsähallitus pyysi häneltä lausuntoja myös muiden karistamojen rakentamiseen. (6c)

Nylanderin into ei rajoittunut vain karistukseen. Vuonna 1906 asetettiin eri apuharvennusmenetelmiä koskevia koealoja sekä laadittiin rinnakkaisia kylvö- ja istutuskokeita (7). Niillä haluttiin selvittää eri nuorennusmuotojen vaikutus, kun osa koe-

aloista kulotettiin, osa sahrattiin. 125 cm x 125 cm:n välimatkoille istutettiin 900 kappaletta männyn, 800 kappaletta Amerikan mantereen pohjoisimman mäntylajin, banksinmännyn (*Pinus Banksianan*) ja 5 300 kappaletta kuusen taimia. Banksinmännyn taimista oli vuonna 1915 hengissä vain muutama. Todettiin, että tällä mäntylajilla ei voi olla mitään merkitystä maassamme. Myös 1905, 1906 ja 1908 istutettujen sembrämäntyjen todettiin kasvavan verrattain hitaasti; ongelmaksi tulivat myös susimänyt (8). Tosin myöhemmin banksinmänty on saatu menestymään Suomessakin.

Kasvututkimukset oli aloitettu vielä aikaisemmin, jo 1905. Tarkoituksena oli selvittää kuusialikasvun vaikutusta männynkasvuun. Koealat olivat ½ hehtaarin suuruisia (9). Koulun väliaikainen johtaja, metsänhoitaja Olli Heikinheimo lisäsi pysyvien koealojen määrää. 1908 hän perusti viisi uutta mänty- ja kuusimetsäkoealaa, joista yksi oli luonnontilassa, toisesta poistettiin ikikuusikko, kolmannessa harvennettiin kuusikkoa, neljännessä harvennettiin mäntyistä ylipuustoa ja viidennessä ylipuusto poistettiin kokonaan. Koealoilla haluttiin selvittää vanhan kuusialikasvuston merkitystä ja toipumismahdollisuuksia alun perin varsinaisilla mäntymailla. Tulokseksi Borg kirjasi, että kuusialikasvusto vähentää havupuiden kokonaiskasvua (10). Seuraavana vuonna tehtiin 16 koealaa käsittävä hajakylvökoesarja. Tehtiin myös kylvökokeita erilaisiin rapautumis- ja multakerroksiin. Niistä selvitettiin kylvöksen itävyyttä ja taimettumista. Kokeiluja varten siemeniä hankittiin mm. Inarista, Rovaniemeltä, Oulun tienoilta, Evolta, Piekämäeltä, Sakkolasta, Keski-Ruotsista ja Tyrolista (11).

Myös hankikylvökokeet aloitettiin koulun ensimmäisellä vuosikymmenellä, vaikka kesti vielä 15 vuotta ennen kuin tämä eräänlaiseksi Tuomarniemen tunto-merkiksi kohonnut menetelmä vakiintui. Ilmeisesti ensimmäiset hankikylvöt suoritettiin Nylanderin aikana 1906–1907. Nämä kokeet olivat ensimmäiset hankikylvötutkimukset maassamme. Tietoja siemen-

määristä, työajasta tai työtavoista ei ole säilynyt. Sen sijaan vuoden 1909 hankikylvöstä on olemassa luotettavia tietoja (12). Järjestelmälliset kokeilut aloitti johtaja Arvid Borg talvella 1913.

Vuosina 1908–10 koululla tutkittiin myös eri puulajeista tehtyjen halkojen kuivumista katkottuina, halottuina ja eri asentoihin pinottuina. Vuonna 1908 Tuomarniemen halkovajan läheisyyteen kohosi kymmenittäin erimuotoisia halkopinoja läpimääriksi kastelluista tasamittaisista haloista. Kuivumista seurattiin punnitsemalla halot joka kuukausi. Myöhemmin lisättiin vielä yksi pino talvella kaadetuista puista. Edelleen selvitettiin pakkasen vaikutusta puitten läpimitan ja lämpömäärien vaihteluun. (13)

Kehiteltiin myös työ- ja opetusvälineitä koulun ja käytännön tarpeisiin. 1906 osallistuttiin Suomen 11:nsiin maanviljelysnäyttelyihin, vaikka erityisiä määrärahoja ei ollut tarkoitukseen osoitettu. Näyttelyssä esiteltiin Tuomarniemellä kehiteltyjä puuleikkeletauluja, joiden avulla voitiin havainnollistaa tukkipuiden paksuuskasvun ja rahallisen tuoton lisääntymistä. Näille opetusvälineille annettiin näyttelyssä I palkinto. Samoin I palkinto tuli Viitasaaren maatalousnäyttelyyn lähetetyistä opetusvälineistä 1908. Vuonna 1915 esiteltiin Tapiion vuosikokuksen yhteydessä metsäretkeilijöille Tuomarniemen oman tuotekehittelyn tulos: oppilas Jalmari Tallisen koulun pajassa valmistama maanmuokkauslaite: Tuomarniemen tukki. Siinä oli tukkiin kiinnitettynä 11 veitsenterää ja 5 joustaa. Tukki rikkoi maata laajemmalla kuin sahra ja teki paksusammallisessa maassa paremman jäljen. Hevososen vedettäväksi tukki oli kuitenkin raskas, eikä sitä käytetty Tuomarniemeläkään vuoden 1915 jälkeen. (13b)

Käytännön tutkimustyön monipuolisuudesta huomaa, että tuomarniemeläiset ymmärsivät sekä perus- että soveltavan tutkimuksen tärkeyden ja olivat ylpeitä osaamisestaan. Yhtälailta ymmärrettiin se, että suomalaista metsäntutkimusta ei pitäisi jättää metsänvartijakouluille. Tarvittiin erityinen valtiollinen tutkimuslaitos. Kun senaatti asetti komitean valmistelemaan tällaisen

koelaitoksen perustamista vuonna 1909, tuomarniemeläisistä komitean työskentelyyn nimettiin A. Benjamin Helander. Valtion stipendiaattina tekemänsä ulkomaanmatkan vuoksi hän ei kuitenkaan pystynyt osallistumaan itse mietinnön kirjoittamiseen (14). Selvityksen pääviesti oli kuitenkin yhdenmukainen Helanderin ja Heikinheimon ajatusten kanssa:

”Suomessa tarvitaan omaa metsätieteellistä koe- ja tutkimustoimintaa. Ilman sitä ei kotimaisen metsätaloutemme perusteita ja niitä vaikuttimia, joista metsiemme tulevaisuus riippuu, saada selvitettyksi.”

Komiteanmietintö 1913:7, 14.

Koska kyseessä on vahvasti käytännönläheinen ja soveltava tieteenala, komitea katsoi, että koelaitosta johtavan professorin pitäisi olla perehtynyt paitsi akateemiseen tutkimukseen myös käytännölliseen metsätalouteen (15). Tällaista perehtyneisyyttä oli ainakin Tuomarniemen opettajilla. Vuonna 1918 Metsätieteellisen koelaitoksen ensimmäiseksi professoriksi nimitettiin metsänvartijakoululle tutkimustoimintaa viritellyt Olli Heikinheimo.

1920–30-lukujen hankikylvö- ja kulotuskokeet

Yhteistyö tieteellisten tutkimus- asemien ja yliopiston kanssa

Yksittäiset erillistutkimukset metsäkouluilla vähenivät, kun perustettiin Metsätieteellinen koelaitos, johon tutkimustoimi pyrittiin kokoamaan. Maailmansota oli viivästyttänyt koelaitoksen perustamista useita vuosia, kunnes Senaatti 24.10.1917 vahvisti koelaitoksen johtosäännön valmistelemaan komitean esittämässä muodossa (16). Olli Heikinheimo nimitettiin koelaitoksen professoriksi 1918, mutta myös Arvid Borgilla oli oma osansa metsäntutkimuksen ke-

hittämisessä: hän toimi sihteerinä metsätieteellistä tutkimustyötä sekä ylempää ja alemmaa metsäopetusta selvittäneessä valtionkomiteassa, joka sai metsäntutkimusta koskevat esityksensä valmiiksi jo vuosina 1917 - 1918, mutta joiden julkistaminen lykkääntyi sodan vuoksi 20-luvulle (17).

Tuomarniemen metsänvartijakoulun tutkimus- ja kehitystyö keskittyi yhä selvemmin metsänuudistuskokeisiin – etenkin hankikylvöihin – ja kulotuskokeisiin. Molempia tehtiin vuosittain, ja tavallisesti kokeet liittyivät toisiinsa. Tehtiin pitkiä koesarjoja ja yksittäisiä erillistutkimuksia, joista on merkintöjä koulun kirjeenvaihdossa. Vuosina 1923 - 24 testattiin Metsätieteellisen koelaitoksen ja O.Y. Uittokaluston pyynnöstä Widénin kylvöauraa ja Kolmodinin kultivaattoria. Kumpikaan ei osoittautunut tyydyttäväksi. 1927 testattiin Hankikijan suunnittelemaa kuljetinta käpyladon ja karistamon välillä. (18)

Yhteistyö Metsätieteellisen koelaitoksen kanssa oli jatkuva: koelaitos tilasi Tuomarniemeltä sekä kotimaisten että ulkomaisten lajien taimia ja käpyjä. Koulu sai tutkimuslaitokselta tietoja siementensä laadusta. Tämä yhteistyö jatkui tiiviinä ainakin vuoteen 1932. Silloin Metsähallitus ilmoitti, että Metlalle ei saa luovuttaa taimia ilmaiseksi. (19) Koelaitos teetti metsäkoululla myös koelajoja esimerkiksi metsätyypien siemennyksen selvittämiseksi (20).

Maanmittausta ja -arviointia tehtiin runsaasti myös tohtori Vilho Lihtoselle, muun muassa koulutilan IX, X ja XI piirit arvioitiin hänen tutkimuksiinsa. Samoin oppilaat avustivat tohtori O. J. Lukkala, kun tämä tutki Suojärven ja Hirvilammin kruununpuiston ojitusta. (21)

Kokonaan uusi tutkimusmuoto oli meteorologisen havaintoaseman perustaminen. Tuomarniemen säähavainnoinnin historia alkaa vuodesta 1907. Ilmeisesti asema oli tuolloin ns. alemman luokan asema eli sadeasema, joka nimensä mukaisesti mittasi vain sademäärän ja talvisin myös lumensyvyyden. Loppuvuodesta 1923 Metsätieteellisen koelaitoksen johtajaksi siirtynyt Olli Heikinheimo tiedusteli koulun

mahdollisuutta aloittaa järjestelmällinen meteorologinen havainnointi (22). Koulun säähavaintoasema oli yksinkertainen puurakenteinen kaappi sade- ja tuuli- ja lämpömittareineen. Asema toimi Meteorologisen keskuslaitoksen alaisuudessa. A. Ketola kirjasi havainnot päivittäin. Hänen jälkeensä havaintoaseman hoidosta vastasi Väinö Sillanpää. Meteorologinen keskuslaitos talletti aseman havaintokirjat, mutta päiväkirjoja säilytettiin ainakin 30-luvulla Tuomarniemellä. (23) Tuomarniemen havaintoasema on nykyisen Ähtärin säähavaintoaseman edeltäjä.

Hankikylvökokeet

Hankikylvökokeet ovat tärkein ja parhaiten dokumentoitu tuomarniemeläinen metsänuudistuskoesarja. Vilho Lihtonen selosti näitä hoitotoita suhteellisen nuorina 1925. L. E. T. Borg esitteli koesarjan kokonaisuudessaan 1936. Vielä alueeseen palasi Y. Blomgren 1952, kun järjestelmälliset kylvöalat olivat jo 40-vuotiaita. Silloin viljelyjä oli metsänviljelykirjan mukaan tehty uusimisineen jo huikeat 1 133 kappaletta, joista kaikki eivät kuitenkaan olleet hankikylvöjä. Hankikylvöjen koeala-aineisto koostuu seitsemästä alueesta Ähtärissä, Soinissa ja Keuruulla: koulutila vuodesta 1903, Voilampi 1915, Hirvilampi 1922, Matosuo (Soini), Arpainen (osittain Soini) ja Peltokangas 1923 sekä Suojärvi (Keuruu) 1927 alkaen.

Järjestelmälliset hankikylvökokeilut oli aloittanut Arvid Borg vuonna 1913. Nämä koealat muodostavat varhaisimman osan siitä aineistosta, jonka kasvua myöhemmissä tutkimuksissa on seurattu. 1913 kylvettiin syystalvella kesällä kulotetulle alueelle kylvökannujen avulla, mutta jo seuraavana vuonna kylvöt toteutettiin kevätkylvönä.

Hankikylvö suoritettiin joko hankikelin aikaan hangen päällä kävellen tai hiihtäen kolmen oppilaan ristiinkylvönä. Kylväjät etenivät kahden askeleen välimatkoin ketjuna, siementä heitettiin 120 kappaletta

aina kahden metrin etenemän jälkeen. Ohjeellisesti kylvettiin 3,2 kiloa hehtaarille, mutta ohjeita ei onnistuttu pitämään, ja enimmillään siementä levisi jopa kahdeksan kiloa. Vuonna 1926 ketju harvennettiin 3,5 metriin ja heitot tehtiin 2,5 metrin välein, samalla ristikylvöstä luovuttiin. Näin siementä kului vain 1,2 kiloa hehtaarille. ”Hankikylvö ei nyt enää ole kokeiluasteella, vaan voidaan huoletta sanoa, että se on meidän oloihimme sopivin metsänkylvötapa”, riemuitsi Borg (24).

Tuomarniemen hankikylvöjen tulos oli nähtävissä 20-luvun lopussa, ja se oli hankikylvön paras mainos. Kauniit taimikot voittivat metsänhoidon viranomaisten luottamuksen puolelleen. Joksikin aikaa luontoa jäljittelevästä hankikylvöstä tuli johtava kylvömenetelmä maassamme. Metsähallitus määräsi pidettäväksi hankikylvökursseja, joiden luonteva sijoituspaikka oli Tuomarniemi. (25)

Useana kuivana kesänä toistuneet tuhoisat kulopalot antoivat lopullisen sysäyksen hankikylvökurssien järjestämiseen. Vuosina 1924 ja 1925 tulipalot raivosivat mm. Perä-Pohjolassa, Siikajoella ja Revonlahdella. Pilalle palaneet alueet olivat tavattoman laajoja ja harvinaisen yhtäjaksoisia. Siemenpuita ei tuhoalueella ollut. Kuloalueet piti nuorentaa keinollisesti, mutta perinteinen vakka, kuokka ja mies -ruutukylvö tai istuttaminen ei mitenkään ollut tarpeeksi nopea. Borgilla oli ratkaisu tähän pulmaan:

”Tuomarniemellä on toistakymmentä vuotta käytetty hajakylvöä hangelelle. Ja on tämä osoittautunut niin varmaksi uudistamistavaksi, ettei vielä ainoatakaan täten toimitettua kulttuuria ole tarvinnut uusia, milloin kylvöala on ollut edellisenä kesänä kulotettu. [...]

Näistä syistä olen ajatellut että olisi ehkä parhaiten tuloksiin viepää jos maassa toimeenpantaisiin erityiset metsänkylvökurssit tarkoituksella antaa niinhavin ammattimiehille kuin - ja ennen kaikkea - ei-ammatti-

miehille jonkunverran tietopuolista mutta kuitenkin käytännöllistä opetusta hankikylvön toimittamisessa.”

Arvid Borg Metsähallitukselle
16.9.1925. Lähteneet kirjeet D No.
542.

Hankikylvöä opetettiin ensin jokakevääisillä metsänhoitokursseilla, mutta vuodesta 1926 alkaen alettiin järjestää nimenomaan hankikylvöön keskittyneitä lyhytkursseja. Hyvien hankien ja kovien hankielien aikaan kerittiin järjestää jopa neljätkurssit (viimeiset vasta huhtikuussa), kun kurssin kestoa lyhennettiin. Vuosina 1925–28 osallistujia oli 149, heistä noin puolet metsäkoulun aiemmin suorittaneita ammatilaisia (26) Koululla alettiin järjestää myös ojituskursseja. Kurssitoiminnasta oli tullut miltei jatkuvaa: kurssikausi kesti tammi-kuulta heinäkuulle: ensin pidettiin hankikylvökurssit, sitten metsänhoitokurssit, kulotuskurssit ja kesällä viimeisenä ojituskurssit. Myös erikoisempia opetusjaksoja tiedusteltiin: mm. Palokuntaliitto kysyi koulun valmiutta kulopalojen torjuntakurssin järjestämiseen. Borg kieltäytyi: metsäpalon tahallinen sytyttäminen ei ole koskaan viisasta; siksi Borg toivotti kiinnostuneet tervetulleiksi tavallisille kulotuskursseille (27).

Koska Tuomarniemen harjoitusalueet sijaitsivat Suomenselän karuilla vedenjakajamailla, hankikylvökoaloissa oli runsaasti soistunutta, vähäturpeista, paljaaksihakattua maata. Tuomarniemen tulokset olivat kuitenkin parempia kuin kokemukset muualta maasta. Syynä oli todennäköisesti se, että Tuomarniemellä hankikylvöön yhdistettiin karun maaperän huolellinen valmistaminen kulotuksin ja ojituksin. (28) Malli kulotuksiin oli saatu luonnosta ja ruotsalaisista tutkimuksista. Suurimmillaan Tuomarniemen kulotukset olivat vasta 40–50-luvuilla johtaja V. A. Kolehmainen aikana, jolloin kulotuskursseista tuli metsäkoulun tärkein täydennyskoulutusjakso. Oppikirjassaan Kolehmainen toteaa ylpeänä, että Tuomarniemellä on kulotettu yli 2500 hehtaaria ilman yhtäkään metsäpaloa (29).

Uudistuksille juuri kulotuksilla oli suurin merkitys, mutta Tuomarniemellä suoritettiin muitakin muokkaustoita: kaskisahrausta ja kantojenkiskontaa. Kaikkein perusteellisimmin muokkaus tapahtui, kun kulotetulta alueelta otettiin viljasato. Istutuksessa kokeiltiin myös lannoittamista istutusmullalla tai hiekalla; varsinkin lehtikuuselle kokeiltiin kalkkia 40–50 grammaa / taimikuoppa. Joskus kalkkia kylvettiin kokeeksi myös yli koko istutusalan. Useimmilla hankikylvölohkoilla ala kynnettiin kauttaaltaan ennen kylvöä kaskisahralla, risukarhilla tai uudenaikaisilla äkeillä, toisinaan jopa kuokittiin ruutuihin. (30)

Aluksi siementä kylvettiin noin kuusi kiloa hehtaarille, mutta kun uudistuminen ei näyttänyt käynnistyvän, vuonna 1916 kylvös nostettiin 8,6 kiloon. Kohta huomattiin, että lisäys oli ollut tarpeeton: uudistuksen tulos oli arvioitavissa vasta muutama vuoden kuluttua kylvöstä (31). Tämän jälkeen kylvöksen määrää vähennettiin toistuvasti ilman, että taimettuminen heikkeni.

Aluksi kylvettiin sekä mäntyä että kuusta, myöhemmin kuusenkylvöstä luovuttiin sen epävarmuuden vuoksi. Havaittiin, että kuusitaimikon tiheys ei juurikaan riippunut kylvetyn siemenen määrästä; sen sijaan taimettumiseen vaikuttivat maan pinnan rikkominen, kulottaminen ja varjokasvien tiheys. Lihtonen piti kuusialoja riittä-mättöminä. Hän kaipasi kuusen uudistuksiin enemmän huomiota. (32)

Mänty onnistui hyvin. Kulottamattomalla maalla ei siementen runsaudella ollut merkitystä (välillä 1,1–6,7 kg/ha). Kulotus paransi männyn taimettumista selvästi, mutta silloin kylvöä ei saanut tehdä liian nopeasti: Lihtosen mukaan perinteisin menetelmin suoritettujen epäonnistuneiden hajakylvöt oli tehty liian pian kulotuksen jälkeen ilman, että siemenille oli saatu sadetta. Tässä mielessä hankikylvö oli edullinen (33). Toisaalta kylvössä ei saanut myöskään viivyttää: jo muutaman vuoden kuluttua taimet tukahtuivat maanpintakasvillisuuteen. Blomgrenin havaintojen mukaan hankikylvöt olivat epäonnistuneet harvoin, useimmin laajoilla uudistuksilla karuilla

kalliokkoisilla mailla. (34) Männyllä maanpinnan rikkominen saattoi havaintojen mukaan tuottaa helposti liian runsaan taimiston. Lars Borgin yhteenveto Tuomarniemien hankikylvökokeista osoittaa, että polttamalla valmistellun alueen kylvöksi riittää 1,0–1,5 kg/ha (35).

Lehtikuusta istutettiin aluksi vain aukkoisten männyntaimistojen täytteeksi, myöhemmin sitäkin alettiin käsitellä kuin kotimaisia puulajeja (36). Myös hankikylvöjä kokeiltiin. Koealoja oli niin vähän, että tuloksista ei saatu tilastollisesti luotettavia, mutta yksittäistapaukset olivat rohkaisevia. Esimerkiksi 1,01 hehtaarin vanha kuusikko hakattiin talvella 1920–21, kulotettiin kesällä, kynnettiin ja kynnökseen kylvettiin ruis; seuraavana keväänä 1922 alalle kylvettiin hankikylvönä lehtikuusen siementä kolme kiloa hehtaarille. Keväällä 1931 lehtikuusentaimia oli 10 300 kappaletta. Yleensä siperialainen lehtikuusi epäonnistui eurooppalaista useammin, mutta todennäköisesti tämä johtui vain heikommasta siemenestä. (37) Vaikka eurooppalainen lehtikuusi oli taimistoiällä aina riipeintä, huomattiin, että siperialainen sivuutti sen myöhemmin. Tärkeä havainto oli kuitenkin se, että lehtikuusten vuotuinen kasvu ylitti mäntykoealojen kasvun, eikä niihin tullut sieni- tai hyönteisvahinkoja (38).

Kylvettiin myös rinnakkaislohkoja, joilla ryhmät eurooppalaista, siperialaista ja Kuriilien lehtikuusta kasvavat vierekkäin, ja kasvu oli helppo tarkkailla. Kuriilien lehtikuusi osoittautui taimiajalla edullisimmaksi, mutta siitä luovuttiin jo 20-luvulla, kun siementä ei enää saatu. Tuomarniemellä tehtiin myös kylvömenetelmäkokeita: kokeiltiin erilaisia sekakylvöjä. Sekoitettiin männyn ja kuusen siemenet ennen kylvöä, vertailualalla kuusi ja mänty kylvettiin erikseen. Suurin vaikutus tulokseen oli maaperän valmistamisella. Käytettyjen siementen määrä tai sekoittaminen ennen kylvöä ei vaikuttanut tulokseen. Pääsääntöisesti tulokset männyn ja kuusen sekakylvöstä olivat huonot. Lehtikuusi epäonnistui sekakylvönä. (39)

Kokeiltiin kylvöä suomaille. Soiden

ojittaminen osoittautui välttämättömäksi. Ojitetuille suomaille männynhankikylvö oli kannattava. Suollakin parhaat tulokset saatiin kulotetuilla aloilla. Epätäydellistä kuletusta täydennettiin muokkaamalla suokaskisahan, äkeen tai T. Vohlosen kehittämän muokkauslaitteen, Riiviön, avulla. Näin muokatulle alalle saatiin poikkeuksetta hyvä taimisto. (40)

Epäonnistumisten yleisin syy oli heikko siemen, mutta myös sääoloilla oli vaikutusta. Esimerkiksi vuoden 1926 kaikki hankikylvöt epäonnistuivat siemenen vuoksi. Melkein kaikki Tuomarniemen kylvökokeiden siemen oli itsekaristettua, ja vuonna 1926 karistamo oli lämmitetty liian kuumaksi. Lars Borgin mukaan lämmittäjänä olikin ”itsepäinen vanhuudenhöperö ukko” (41). Sitä vastoin vuosien 35–36 Vehkatalinmaan laajat kylvöt onnistuivat kaikki hyvin, kun taas 50-luvun vaihteen kylvöt epäonnistuivat (42).

Molemmat Borgit kannattavat koivua: Lars Borgin mukaan se onnistui hyvin ojitetuilla vesiperäisillä mailla ja oli havupuu-
taimistoissa sekoituisena hyvin edullinen. Arvid Borg oli samaa mieltä: koivusekoituksilla oli edullinen vaikutus havumetsiin. Se paransi maaperää, sillä neulaset maatuivat paremmin koivusekaisilla mailla. Se ehkäisi soistumista, suojaasi kulopaloilta, esti tuhosiensä ja -hyönteisiä leviämistä ja suojaasi kuusien latvakasvaimia hallalta. (43) Varisinkin pientilallisen kannattaa suosia koivua:

”Koivu on itsessään arvokas puulaji ja pitää maan paremmassa kasvukunnossa kuin kotimaiset havupuumme. Koivua on pientilallisen metsässä pidettävä jokseenkin yhdenvertaisena männyn kanssa. Aina-kin joka 5:s puu mäntyvaltaisessa metsässä tulisi olla valkopintainen solkikoivu, jotta voisimme olla varmat siitä, että maa pysyy kasvukunnossa.”

Borg 1922, 16.

Tuomarniemellä tutkittiin kylvöalojen suuruuden vaikutusta taimettumiseen: suurilla nuorennusaloilla taimistotiheys jäi tun-
tuvasti pienemmäksi kuin alle viiden hehtaarin aloilla. Suurilla aukeilla lämpö- ja kosteussuhteiden vaihtelut olivat jyrkkiä ja häiritsivät taimia ensimmäisenä elinvuotena. Myös lumipeite jäi aukealla ohuemmaksi, kevähaidunta oli nopeaa ja ala kärsi helposti kuivuudesta. Kumpuileva lakea oli lumenvahvuuden vaihtelujen osalta kaikkein ongelmallisinta. Sään vuosivaihtelu korostuu yhtenäisillä aloilla (44).

Hankikylvöä testattiin myös viettävillä rinnemailla. Onnistuminen riippui selvästi rinteen kaadosta. Rinnemaat taimetuivat epätasaisesti, sillä siemenet kasoutuivat jo kylvettäessä, ja sulamisvedet pahensivat kasaamaa (45).

Hankikylvöstä nousseet taimet kestivät hyvin vertailun vakokylvön kanssa. Hajakylvön jälki oli usein ylitieheä. Molemmat tuottivat onnistuessaan hyvän taimiston, mutta hankikylvö oli halvempi (46).

Yhteenveto

Tutkimus- ja kehittämistoimi oli tärkeä osa Tuomarniemen metsänvartijakoulun ja metsäkoulun toimintaa. Ennen metsätieteellisten tutkimusasemien perustamista, koulun koetoiminta ulottui puun fysiologisista kuivumiskokeista teknologiseen tuotekehittelyyn ja koealatutkimuksiin. Metsätieteellisen koelaitoksen aloitettua toimintansa Tuomarniemen tutkimuspainotus väheni, mutta pitkiä ja merkittäviä tutkimuksia tehtiin yhä etenkin kylvö- ja kasvukoealoilla. Hankikylvö- ja kuletuskokeista tuli Tuomarniemen menestyneimmät ja tunnetuimmat tutkimus- ja kehitysalat, joilla monipuoliset ja mittavat tutkimukset johtivat järjestelmälliseen täydennyskoulutukseen sekä metsänomistajille että metsämattilaisille. Tuomarniemen tutkimus- ja kehitystoiminta liittyikin saumattomasti koulun kurssitoimintaan, missä Tuomarniemi on metsäalan uranuurtaja.

Viitteet

1. Heikel 1910, 153; Komiteanmietintö 1920:13, 8.
2. Komiteanmietintö 1898:5, 66–67. Cajanderin työ valmistui 1909. Cajander 1909.
3. Esim. Holopainen 1957, 271.
4. Lyhyet kuvaukset opettajista: Heikinheimo 1953, 22–23; Koivisto 1997, 188; Leikola 1997, 225; Oksanen 1997, 102; Lönnroth 1966.
5. Forstyrelsens berättelse för år 1904. 53.
6. Komiteanmietintö 1913:7, 6.
- 6b. Nylander 1910
- 6c. Esim. lausunto Rovaniemen karistuslaitoksesta 10.2.1908. Saapuneet kirjeet 1903–1912. VMA Aaa 1.
7. Kertomus Tuomarniemen metsänvartijakoulun toiminnasta v. 1906. Ernst Nylander, maaliskuussa 1907.
8. Borg 1915, 20, 22.
9. Borg 1915, 24.
10. Vuosikertomus 1909. Olli Heikinheimo, huhtikuulla 1910. Borg 1915, 25.
11. Vuosikertomus 1909. Olli Heikinheimo, huhtikuulla 1910; Metsähallituksen kertomus 1909, 205.
12. Borg 1936, 8–9.
13. Kertomus Tuomarniemen metsänvartijakoulun toiminnasta v. 1908. Olli Heikinheimo, 13.3.1909.
- 13b. Borg 1915.
14. Komiteanmietintö 1913:7, II.
15. Komiteanmietintö 1913:7, 21.
16. Komiteanmietintö 1913:7, 30–32.
17. Komiteanmietintö 1920:13, 1–29.
18. Saapuneet kirjeet D No 69. 28.4.1923; Tuomarniemen metsäkoulun vuosikertomus v. 1923. Arvid Borg, 20.2.1924; Arvid Borg Uittokalusto Oy:lle 18.8. Lähteneet kirjeet D No. 537; Arvid Borg Metsähallitukselle 15.3.1927. Lähteneet kirjeet D No. 209.
19. Esim. Saapuneet kirjeet D No 3. 5.1.1923; D No 185. 22.11.1923; D No15. 19.1.1924; D No. 217. 30.12.1923; D No 6. 5.1.1932.
20. Saapuneet kirjeet D No 59. 12.3.1925.
21. Tuomarniemen metsäkoulun vuosikertomus v. 1923. Arvid Borg, 20.2.1924; Saapuneet kirjeet D No 164.18.7.1928.
22. Saapuneet kirjeet D No 177. 8.11.1923.
23. Saapuneet kirjeet D No 195. 31.8.1930; D No 88. 8.4.1932; D No 21. 19.1.1933.
24. Arvid Borg Oulun läänin Talousseuralle 15.1.1926. Lähteneet kirjeet D No. 19.
25. Borg 1936, 8–11; Borg 1928, 8.
26. Borg 1928, 8. Arvid Borg Metsähallitukselle 10.11.1926. Lähteneet kirjeet D No. 933.
27. Arvid Borg Metsähallitukselle 23.2.1927. Lähteneet kirjeet D No. 149.
28. Borg 1936, 14.
29. Kolehmainen 1951, 5–6.
30. Lihtonen 1924, 7–8; Borg 1936, 77–82.
31. Borg 1936, 18–19.
32. Borg 1936, 19, 50; Lihtonen 1924, 15.
33. Borg 1936, 62; Lihtonen 1924, 14.
34. Borg 1936, 74–75; Blomgren 1952, 6.
35. Borg 1936, 19–20.
36. Lihtonen 1924, 17.
37. Borg 1936, 22–23; 116.
38. Blomgren 1952, 8.
39. Borg 1936, 22, 56–57; Lihtonen 1924, 18–21.
40. Borg 1936, 118–119.
41. Borg 1936, 23.
42. Blomgren 1952, 6.
43. Borg 1936, 24; Borg 1926, 33–34.
44. Borg 1936, 94–98.
45. Borg 1936, 100–103; 119.
46. Borg 1936, 113, 121.

Kirjallisuus

Blomgren 1952

Blomgren, Y.: *Tuomarniemen metsänviljelytöistä ja niiden tuloksista*. Metlan julkaisuja 40.28. SKS:n kirjapaino, Helsinki 1952.

Borg 1915.

Borg Arvid: *Metsäretkeilyn ohjelma. Suomen metsänhoitoyhdistys Tapion vuosikokouksen yhteydessä Tuomarniemellä kesäkuun 28 ja 29 päivinä 1915 toimeenpantavan metsäretkeilyn opas*. Simeliusten kirjapaino. Helsinki 1915, 17–31.

Borg 1922

Borg Arvid: *Pienviljelijän metsänhoito*. Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion kansankirjasia N:o 9. J. Simelius. Helsinki 1922.

Borg 1926

Borg Arvid: *Koivu ja sen merkitys nykyhetken metsätaloudessa*. Yksityismetsänhoitajayhdistys. Helsinki 1926.

Borg 1928
Borg Arvid: *Tuomarniemen metsäkoulu 1903–1928*. Ylipainos *Metsämies*-lehdestä 6–7/1928.
Borg 1936.
Borg Lars E. T.: *Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913–1930*. Silva Fennica 38. Helsinki 1936.
Cajander 1909
Cajander A. K.: *Metsätieteellinen tutkimustointa ulkomailla*. Liite Metsähallituksen vuosikertomukseen 1907. Helsinki 1909.
Heikel 1910
Heikel T. A.: *Käsikirja Suomen kruununmetsien hallinnosta ja hoidosta*. Metsähallituksen Julkaisuja 1. Keisarillisen senaatin kirjapaino. Helsinki 1910.
Heikinheimo 1953
Heikinheimo Olli: Tuomarniemi – paras käymäni koulu. Juhlajulkaisussa *Tuomarniemi 50 v. 1903–1953*. Vammala 1953, 22–24.
Holopainen 1957
Holopainen Viljo: *Metsätalouden edistämistointa Suomessa. Tapio 1907–1957*. Uudenmaan kirjapaino Oy. Helsinki 1957.
Koivisto 1997
Koivisto Arvi A.: A. Benjamin Helander (1876 – 1949) – yksityismetsätalouden kehittäjä. Teoksessa *Metsästä ja metsän reunasta*. Arvi A. Koivisto (toim.) Suomen Metsänhoitajaliitto ry. Saarijärvi 1997, 188
Kolehmainen 1951
Kolehmainen V. A.: *Kulottajan opas*. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki 1951.
Komiteanmietinnöt
1898:5
yksityismetsäin tutkimista varten asetetulta komitealta. Helsinki 1898.
1913:7
metsätieteellisen koelaitoksen perustamista varten asetetulta komitealta. Helsinki 1914.
1920:13
Valtionmetsäkomitean mietintö n:o 4. Helsinki 1920.
Leikola 1997
Leikola Matti: Olli Heikinheimo (1882–1973) – metsänhoidon tutkija. Teoksessa *Metsästä ja metsän reunasta*. Arvi A. Koivisto (toim.) Suomen Metsänhoitajaliitto ry. Saarijärvi 1997, 225.

Nylander 1910
Nylander Ernst: *Käpyjen kokoamisesta ja siementen karistamisesta*. Tapion käsikirjasia. Toinen, korjattu painos. J. Simelius. Helsinki 1910.
Oksanen 1997
Oksanen Matti J.: ”Vackra-Erik” Lönnroth (1883–1971) – yliopiston rakentaja. Teoksessa *Metsästä ja metsän reunasta*. Arvi A. Koivisto (toim.) Suomen Metsänhoitajaliitto ry. Saarijärvi 1997, 102.

Arkistolähteet

Kansallisarkisto (KA)

Yksityiskokoelmat:

Lönnroth 1966
Lönnroth Erik: *Elämäni varrelta*. Elämäkerta. KA. Yksityiskokoelmat: Erik Lönnroth 1964–66.

Metsähallituksen arkisto (MH):

Lihtonen 1924
Lihtonen Vilho: *Metsänuudistustyöt Tuomarniemen virkatalolla*. Käsikirjoitus 1924. (44 s.). Niteessä: *Tuomarniemen hoitoalueen yleinen kertomus ja hoitosuunnitelma sekä tukkipuuluettelo*. Tehty v: 1923–24. Metsätalouden tar kastusasiakirjat ja metsätaloussuunnitelmat. Tuomarniemen hoitoalue. KA MH Ee 147.
Metsähallituksen vuosikertomukset 1896–1910. KA MH Dd 20–Dd 39.

Tuomarniemen arkisto (TuomA)

Tuomarniemen koulun vuosikertomukset 1903–26. TuomA
Lähteneiden kirjeiden diaarit 1921–1942. TuomA
Aaa 1–Aaa 4.
Saapuneiden kirjeiden diaarit 1921–1942. TuomA
Aba 1–Aba 2.

Vaasan maakunta-arkisto (VMA)

Tuomarniemen metsäopisto ja hoitoalue.
Saapuneiden kirjeiden diaari 1903–1912. VMA
Aaa 1.

Metsäntutkimuslaitoksen koetoiminta Tuomarniemellä

Antti Isomäki
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus

Ensimmäiset 50 vuotta Metsäntutkimuslaitos keräsi Tuomarniemeltä aineistoja, mutta ei ylläpitänyt pysyviä kenttäkokeita

Kun Metsäntutkimuslaitos perustettiin keuhalla 1918, Tuomarniemen metsävarhijakoulu oli ollut toiminnassa jo 15 vuotta. Tuomarniemen rinnalla toimivat tuohon aikaan myös Evon (perustettu 1876), Rovaniemen (1904), Nikkarilan (1904) ja Sipoon Söderkullan (1907) metsävarhijakoulut.

Metsätalouteen liittyvä koe- ja tutkimustoiminta oli ennen Metsäntutkimuslaitoksen perustamista Suomen Metsäyhdistyksen, Metsähallituksen, Evon metsäopiston, e.m. metsävarhijakoulujen, Mustialan maanviljelyskoulun, Mustion, Fiskarsin ja Fagnäsän rautaruukkien, Mustilan ja eräiden muiden kartanoiden ja yksityisten metsänomistajien toimeliaisuuden ja harrastuksen varassa. Myös eräät tieteelliset seurat, kuten Suomen Maantieteellinen Seura, Societas pro fauna et flora fennica, Meteorologinen keskuslaitos, Geologinen toimisto sekä Hydrologis-biologinen laitos harjoittivat metsätaloutta sivuvaavaa tutkimusta. Yleinen käsitys kuitenkin oli, ettei metsätalouden peruskysymyksiä voida ratkaista ilman voimakasta, asiaan keskittyvää tutkimuslaitosta. Kymmeniä vuosia suunnitteilla olleen Metsäntutkimuslaitoksen erääksi keskeiseksi tehtäväksi nähtiin pysyvien kenttäkokeiden perustaminen ja ylläpito valtakunnan eri osissa.

Laitoksen ensimmäisen johtajan Olli Heikinheimon ja Metsähallituksen senaikaisen ylitirehtöörin A. K. Cajanderin yhteisen näkemyksen mukaan Metsäntutki-

muslaitokselle tuli erottaa valtionmaista sille sopivia kokeilualueita, joissa laitos voisi häiriöttömästi seurata kokeitaan jopa useiden vuosikymmenien ajan. Kokeilualueiden siirrot Metsäntutkimuslaitokselle merkitsivät käytännössä laitoksen itsenäistymistä koetoiminnan järjestelyissä. Tästä syystä alkuvuosikymmeniensä aikana, aina 1950-luvulle saakka, laitos ei perustanut juuri mitään kokeita omien kokeilualueidensa ulkopuolelle. Vuoteen 1932 mennessä laitoksella oli kaikkiaan 210 pysyvää koealasarjaa tai yksittäistä koealaa, jotka oli ”sijoitettu aivan pääasiallisesti tutkimuslaitoksen täydellisessä hallinnassa oleviin 15 kokeilualueeseen, joissa niiden hakkuilta säilyttäminen oli täysin varmaa”, kirjoittaa professori Yrjö Ilvessalo esitellessään Metsäntutkimuslaitoksen senaikaista kestokoetoimintaa.

Vanhan perinteen pohjalta vain Evon valtionpuistossa oli yksittäisiä koealoja. Hyvien henkilösuhteiden perusteella Metsäntutkimuslaitoksella oli koetoimintaa myös Mustilassa ja eräissä muissa yksityismetsissä. Suhteet laitoksen ja metsäkoulujen välillä eivät kuitenkaan olleet poikki. Metsäntutkimuslaitoksen tutkijat keräsivät aineistoja runsaasti myös näiden harjoitus- hoitoalueista. Tuomarniemeltä kerättiin tilapäiskoeala-aineistoja useisiin tutkimuksiin, mm. männiköiden ja lehtikuusikoiden rakenne- ja kasvututkimuksiin.

Ensimmäiset pysyvät metsikkökokeet 1950-luvun lopulla

Vasta vuonna 1959 Metsäntutkimuslaitos perusti ensimmäiset pysyvät kokeensa Tuomarniemen vaikutusalueelle. Majasuon laaja lannoituskoee, yhteensä 128 koealaa, sijaitsi perustamishetkellään vielä Keuruun hoitoalueessa, mutta tämän lakkauttamisen

yhteydessä alue liitettiin Tuomarniemen hoitoalueeseen. Nykyisin koekenttä on lopetettu Vapon turvetuotannon takia. Vastavia kokeita oli jo perustettu Metsäntutkimuslaitoksen omille koekentille Leivonmäelle, Muhokselle ja pienimuotoisena myös Vilppulan Jaakkosuolle. Majasuon koekentällä oli useita eri tavoitteita. Pääosaltaan se oli lannoituskoe, jossa tutkittiin pääravinteiden, typen, kalin ja fosforin vaikutuksia puuston kasvuun. Tämän lisäksi koekenttä oli tärkeä myös tuhkalannoituksen ja kasvuhäiriöiden tutkimuksissa.

Eräät Majasuon koealat kuuluivat valtakunnalliseen tuhkalannoituskokeeseen, jossa oli kaikkiaan 79 erillistä koealaa yhteensä 18 paikkakunnalla. Tulokset osoittivat puuntuhan erinomaiseksi suometsien lannoitteeksi. Merkillepantavaa oli tuhkan aiheuttama voimakas ja pitkäkestoinen kasvureaktio. Vielä 30 - 40 vuotta lannoituksen jälkeen puuston tilavuuskasvu oli parhailla kasvupaikoilla 12 - 17 m³/ha/v eli samaa tasoa kuin kivennäismaan OMT-metsiköissä. Typpiköyhillä turvemaidella kasvu jäi sitävästoin vähäiseksi. Esimerkiksi Majasuolla kasvu oli noin 4 m³/ha/v. Neulasanalyysit osoittivat, että fosforin ja kalin puute saattaa aikaa myöten muodostua kasvua rajoittavaksi tekijäksi.

Kivennäismaiden lannoituskokeet käynnistettiin 1960-luvulla.

Professori Pentti Viro perusti 1950-luvun lopulta lähtien lannoituskokeita, joissa hän pyrki selvittämään, mitkä ravinteet olivat kasvua rajoittavia Suomen metsissä. Mukana oli kolme tai neljä ravinnetta, jotka teoreettisten pohdintojen perusteella näyttivät olevan tärkeimpiä. Kokeita perustettiin eri puolille maata toistasataa kappaletta ja niistä on vieläkin jäljellä viitisenkymmentä. Tuomarniemen hoitoalueessa niitä perustettiin vuonna 1961 kaikkiaan neljään koemetsikköön, kaksi Itä-Ähtärin tien varteen ja kaksi Myllymäen taakse, toinen Kaijanharjulle ja toinen Vehkatallinmaalle.

Perustetuista kokeista ja käytännön kokemuksesta selvisi nopeasti, että tyyppi oli tärkein kasvua rajoittava ravinne kangasmailla. Tutkijat arvelivat kuitenkin, että jatkamalla tyypilannoituksia saataisiin myös muiden ravinteiden puutokset esille. Siksi näitä kokeita jatkettiin uusimalla tyypilannoituksia 2 - 10 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta. Samaan aikaan käytännön lannoitustoiminta laajeni nopeasti ja koesarja antoi kaiken aikaa täsmentyvää lisätietoa käytännölle mm. tyypilannoitelajeista ja lannoitemääristä.

Kun kokeiden alkuperäinen tavoite käytännön lannoitusohjeiden perustana alkoi olla saavutettu, hätäisimmät olisivat jo lopettaneet ne. Kuitenkin 1980-luvulla voimistui keskustelu metsien happamoitumisesta ja typpilaskeuman aiheuttamasta metsäekosysteemin typpikyllästymisestä. Lisäksi esitettiin, että metsien kalkitsemisella voidaan torjua happamoitumista ja metsävaurioita sekä suojella vesistöjä happamoitumisen aiheuttamalta huuhtoutumakuormitukselta. Tuolloin kaksikymmentä vuotta seuratut kokeet tarjosivat aineistoa, jossa lannoituksissa annettu typpimäärä vastasi jopa sadan vuoden kohonnutta typpilaskeumaa. Lisäksi kokeisiin sisällynyt kalkitus mahdollisti sen pitkäaikaisvaikutusten arvioimisen. Koetulokset eivät vahvistaneet sinänsä teoreettisesti aiheellisia pelkoja. Puustojen kyky reagoida tyypeen oli säilynyt, eivätkä toistuvat typpilisyäkset olleet lisänneet maan happamuutta. Samalla todettiin, ettei kalkitus ainakaan alkuvuosikymmeninä edistä puuston kasvua, mieluummin päinvastoin.

Lannoituskokeiden tulokset tiivistetty ilmaiseen MetLanKa-las-kentapalveluun osoitteessa ”<http://www.farmit.net>”

Farmit.netin käyttö on ilmaista, mutta se edellyttää rekisteröitymisen. Palvelinta ylläpitää joukko maa- ja metsätalouteen liittyviä valtakunnallisia yrityksiä, mm. Kemi- ra, Metsäliitto, Viljavuuspalvelu, Metsäle-

ti ja Uittokalusto, joten sieltä saa runsaasti hyödyllistä tietoa moniin käytännön kysymyksiin.

Tutkija Mikko Kukkolan kehittämä MetLanKa-ohjelma ennustaa männiköiden ja kuusikoiden kehitystä lannoittamattomana ja lannoitettuna sekä arvioi lannoituksen kannattavuutta. Puustomallit on laadittu erikseen männiköille ja kuusikoille sekä näiden eriasteisille sekapuustoille. Lannoitukset määritellään luettelemalla niiden ajankohdat, lannoitelajit ja typpimäärät. Puustoa harvennetaan Tapion harvennussmallien mukaan. Harvennus on myös mahdollista kieltää. Jos lannoituksia on määriteltä vain yksi, puuston kehitystä seurataan kahdeksan vuotta. Tällöin ajatellaan, että on kyseessä hakkuuta edeltävä lannoitus, jonka kasvunlisäys korjataan heti sen kerryttyä. Jos lannoituksia on määriteltä useita, puuston kehitystä seurataan päätehakkuuseen saakka. Kannattavuuslaskennassa ei oteta huomioon verotusta.

Myös metsänjalostuksen koeviljelyksiä käynnistettiin 1960-luvulla

Metsänjalostusohjelmaan liittyvien koeviljelysten perustaminen alkoi 1960-luvulla. Pääosa niistä on jälkeläiskokeita, joilla määritetään pluspuiden jalostusarvo niiden jälkeläistöjen ominaisuuksia mittaamalla. Tärkeimmät ominaisuudet ovat runkopuun tuotos ja rungon ulkoinen laatu. Männyn jälkeläiskokeita on perustettu koko valtakunnan alueelle kaikkiaan noin 1 100 koemetsikköön, joiden yhteispinta-ala on 1 570 ha. Näistä sijaitsee Ähtärissä ja sen naapurikunnissa 40 koeviljelystä. Valtakunnallisessa testauksessa on mukana noin 6 000 plusmäntyä 11 jalostusvyöhykkeeltä. Mittaustuloksia käytetään pitkän aikavälin jalostusohjelman peruspopulaatioiden (300 puuta/vyöhyke) ja ydinpopulaatioiden (50 parasta pluspuuta/vyöhyke) uusimiseen sekä siemenviljelyn jalostukselliseen kehittämiseen.

Muita metsänjalostuksen koeviljelyksiä Tuomarniemen ympäristössä on 45 kohteessa. Ne edustavat kuusen, koivun ja haavan jalostuskokeita.

Harvennuskokeet 1970-luvulla

Puunkorjuun koneellistaminen aiheutti voimakkaan muutoksen metsien käsittelyssä. Se edellytti myös runsaasti uusia harvennuskokeita. Professori Yrjö Vuokilan johdolla käynnistettiin 1970-luvulla useita metsänkäsittelyyn liittyviä koesarjoja. Koneiden tarpeet otettiin huomioon istutusväli-, taimikonkäsittely- ja harvennuskokeissa. Näistä istutusväliskokeita ei ole lainkaan Ähtärissä tai sen naapurikunnissa. Taimikoiden harvennuskokeita on ollut kaikkiaan kuusi, joista kolme Multialla sekä yksi Virroilla, Keuruulla ja Pylkönmäellä. Taimikonkäsittelykokeilla on pyritty tuottamaan lisätietoa taimikon käsittelyn ajankohdan ja voimakkuuden vaikutuksista puuston määrälliseen ja laadulliseen kehitykseen. Alueella sijaitsevat taimikkokokeet ovat edustaneet pelkästään männiköitä. Kokeet ovat jo tehtävänsä täyttäneet, mutta niiden seuranta on jatkettu ensiharvennuksen jälkeen ns. harvennuskokeina.

Varsinaiset harvennuskokeet on perustettu yleensä puuston ollessa ensiharvennuksen vaiheessa. Näitä kokeita Tuomarniemen alueella on ollut kaikkiaan kymmenen, joista kolme kuusikoissa ja loput seitsemän männiköissä. Ähtärissä on ollut kaksi koetta, Multialla ja Virroilla yksi ja Keuruulla kuusi koetta. Seitsemässä kokeessa on tutkittu tavanomaisten alaharvennusten voimakkuuden vaikutuksia puuston kasvuun ja tuotokseen. Kolmessa kokeessa on tutkittu myös harvennusvalinnan periaatteita. Näistä kahdessa on tutkittu käytäväharvennuksia ja yhdessä myös ns. yläharvennusta. Kaikkien taimikonkäsittely- ja harvennuskokeiden tulokset on tiivistetty Metsäntutkimus-laitoksen kehittämiin MELA- ja MOTTI-laskentaohjelmiin. Edellistä käytetään valtakunnallisiin ja alueellisiin met-

sälaskelmiin. Jälkimmäinen on tarkoitettu metsikkökohtaisiin kasvu- ja tuotoslaskelmiin.

Eniten kokeita perustettiin 1980-luvulla

Voimakkain vaihe Metsäntutkimuslaitoksen koetoiminnassa on ollut 1980-luvulla, jolloin Tuomarniemen vaikutuspiiriin perustettiin 62 pysyvää metsikkökoea. Näistä valtaosa, 42, kohdistui metsänjalostukseen. Männyn jälkeläistestausta laajennettiin edelleen, mutta jalostusohjelman mukaisesti perustettiin myös koivun ja kuusen testausmetsiköitä. Lisäksi Keuruulle, Ähtäriin ja Virroille perustettiin kapealatuksisten mäntyjen ja kuusien koeviljelyksiä.

Hyvässä rahoitustilanteessa Metsäntutkimuslaitos perusti Ähtäriin kuusi kasvuvaihtelun seurantakohdetta. Näitä perustettiin koko valtakunnan alueelle kaikkiaan 151 metsikköön. Seurantaan valittuja koepeistä mitattiin vuosittain kasvukauden päätyttyä puun ympärysmitta rinnankorkeudelta 0,1 mm tarkkuudella. Saadun aineiston perusteella laadittiin arvio kuluksen kasvukauden puuntuotannon tasosta koko valtakunnan alueella. Tavoitteena oli, että tämä ”satoarvio” olisi voitu laatia luotettavasti kullekin ilmastovyöhykkeelle ja ainakin kahdelle pääpuulajille, männylle ja kuuselle, erikseen. Vain muutaman vuoden kokemuksen perusteella kuitenkin todettiin, että valittu työmenetelmä oli liian työläs ja kallis eikä sen luotettavuudestaan saatu riittäviä takeita. Tämän vuoksi valitut kohteet on jätetty sittemmin mittaamatta. Nykyisin puiden kasvua seurataan automaattisilla, rungon ympärysmittaa jatkuvasti rekisteröivillä antureilla, joista tiedot siirtyvät telemetrisesti laitoksen keskuskoneille.

Metsätalouden uusia virtauksia ilmensivät myös 1980-luvulla perustetut kunnostusohjelmista ja turvetuotannossa olleiden suopohjien uudelleenmetsitystä koskeneet koeket.

1990-luvulla Metsäntutkimuslaitoksen koetoiminta alkoi vähetä

Syvän laman jälkeen Metsäntutkimuslaitoksen hallinnossa tehtiin oleellinen muutos. Vuoden 1993 alusta lukien tutkimusosastot lopetettiin ja toiminta organisoitiin tutkimushankkeiden varaan. Hankkeet ovat määräaikaisia ja tavoitteiltaan rajattuja. Tähän uuteen hallintomalliin pitkäaikainen koetoiminta ei ole sopeutunut kovin hyvin, mikä näkyy selvästi uusien kokeiden perustamismäärässä ja vanhojen ylläpidossa. Vuosikymmenen alkupuolella Tuomarniemen vaikutusalueelle perustettiin vielä 29 koetta, mutta loppupuoliskon aikana enää seitsemän. Viimeiset koeket on perustettu vuonna 1998. Niiden aiheena on haapakloonien testaus. Koetoiminnan vähentymiseen johti osaltaan myös tutkimusmäärärahojen oleellinen lasku ja lisäksi se, että tutkimuksen painopistettä alettiin siirtää puuntuotannon tutkimuksesta vähemmän maastotyötä vaativiin taloudellisiin ja muihin lyhytkestoisiiin aiheisiin.

2000-luvun alussa koetoimintaan tehtiin muutoksia

Tämän vuosikymmen aikana ei olla perustettu yhtään koetta Tuomarniemen alueelle. Sama suuntaus säilyttää laitoksen koetoimintaa koko valtakunnan alueella. Kahden ensimmäisen vuoden aikana evaluoitiin laitoksen kaikki kenttäkoeket. Arvioinnin perusteella lopetettiin välittömästi 447 koetta. Lisäksi 609 koetta päätettiin siirtää ns. hallittuun lopetusvaiheeseen. Nämä koeket mitataan vielä ennen lopetusta, ja samalla arvioidaan niiden käyttöarvo johonkin uuteen tarkoitukseen. Koerekisterin mukaan laitoksella on tällä hetkellä 6 175 voimassa olevaa koetta, joista 577 on odottamassa loppumittausta. Päättyneitä koeketa on 3 217 kpl.

Aikaisemmin kaikki koesarjat oli jaettu käynnissä oleville tutkimushankkeille. Tämän vuoksi hankkeet joutuivat ylläpitämään myös sellaisia koeketa, joista niille ei

ollut mitään välitöntä hyötyä. Tämä epäkohta oli osittain syynä uudistukselle, jolla perustettiin jokaiselle tutkimusasemalle erillinen koetoimintaa palveleva hanke. Näillä palveluhankkeilla pyritään siihen, että pitkäaikaisille kenttäkokeille voidaan turvata jatkuva huolto ja mittausohjelman korkeatasoinen toteutus.

Tuomarniemen ja Metsäntutkimuslaitoksen kannattaa syventää yhteistyötä koetoiminnassa

Metsäntutkimuslaitokselle on suurta hyötyä toimia läheisessä yhteistyössä metsätaloussinöörejä kouluttavien ammattikorkeakoulujen kanssa. Tiedämme, että nykyisin opettajien rekrytoinnissa pannaan aikaisempaa suurempi paino tutkimusmenetelmien hyvälle osaamiselle. Tämä uusi käytäntö on omiaan laajentamaan metsäntutkimuksen osajia Metsäntutkimuslaitoksen ja yliopistojen ulkopuolella. Toisaalta, metsäoppilaitoksissa on jatkuvasti vaihtuva metsäalalle tähtäävä opiskelijajoukko, joka tarvitsee opiskeluun liittyviä havaintokohteita ja harjoitustöitä. Opiskelijat voisivat eräissä tapauksissa toimia myös uusien työmenetelmien testaajina ja arvostelijoina. Voidaankin lähteä siitä, että useita metsätalouteen liittyviä kysymyksiä voidaan ratkaista, niin haluttaessa, tutkimuksen keinoin metsäoppilaitosten omin voimin. Isommissa kysymyksissä yhteistyö oppilaitosten ja Metsäntutkimuslaitoksen kesken tuottaisi edullisesti hyviä opetustilanteita ja tutkimusaineistoja.

Metsäntutkimuslaitosta kiinnostavat myös maa- ja metsäoppilaitosten opetusmetsät. Ne ovat sijainniltaan erinomaisia. Niiden yhteenlaskettu pinta-ala lienee vieläkin kymmeniä tuhansia hehtaareita. Opetusviranomaiset ovat vuosikymmenien ajan esittäneet toivomuksia, että näihin opetusmetsiin perustettaisiin yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen kanssa pysyviä, käytännön metsätalouteen liittyviä kokeita, jotka palvelisivat havaintokohteina oppilaitosta ja normaaleina tutkimuskohteina Metsän-

tutkimuslaitosta. Tämänkaltaisen yhteistyön etuina voidaan mainita ainakin seuraavat seikat:

Hyödyt oppilaitokselle:

- Pitkäaikaiset kokeet oppilaitosten opetusmetsissä antavat oppilaille tilapäiskoealoja selkeämmän kuvan metsän kehityksestä. Oppilaiden omat havainnot rajoittuvat muutamaan vuoteen, jona aikana näkyviä muutoksia metsässä on vähän.
- Oppilaat saavat havaintoesimerkin siitä, miten uutta tietoa metsien kehityksestä ja eri ominaisuuksista tuotetaan.
- Tarkkuutta ja hyvää ammattitaitoa vaativat koealamittaukset sopivat työharjoitteluna hyvin myös opetusohjelmaan. Metsäntutkimuslaitos antaa tarvittaessa koulutuksen ja osallistuu työn valvontaan.
- Metsäntutkimuslaitoksen koerekisteri on käytettävissä kokeiden perustietojen tallennukseen ja ylläpitoon. Koerekisteri on varma ja sisällöltään riittävä.
- Käytettävissä Metsäntutkimuslaitoksen lomakkeet, työohjeet sekä tietojen tallennus- ja esitarkistusrutiinit.
- Käytettävissä Metsäntutkimuslaitoksen laskentaohjelmat.
- Myös mittausaineistojen säilytys Metsäntutkimuslaitoksen laitteilla ja rutiinilla.
- Yhteistyö koetoiminnassa helpottaisi muuta yhteistyötä, kun opitaan tuntemaan henkilöitä toisessa organisaatiossa.
- Yleensä oppilaitoksen opetusmetsään voidaan sijoittaa vain yksi tiettyä aihetta käsittelevä koe. On eduksi, jos sama koe on toistettu muidenkin oppilaitosten opetusmetsissä tai jos se kuuluu Metsän-

tuotkimuslaitoksen ylläpitämään koesarjaan.

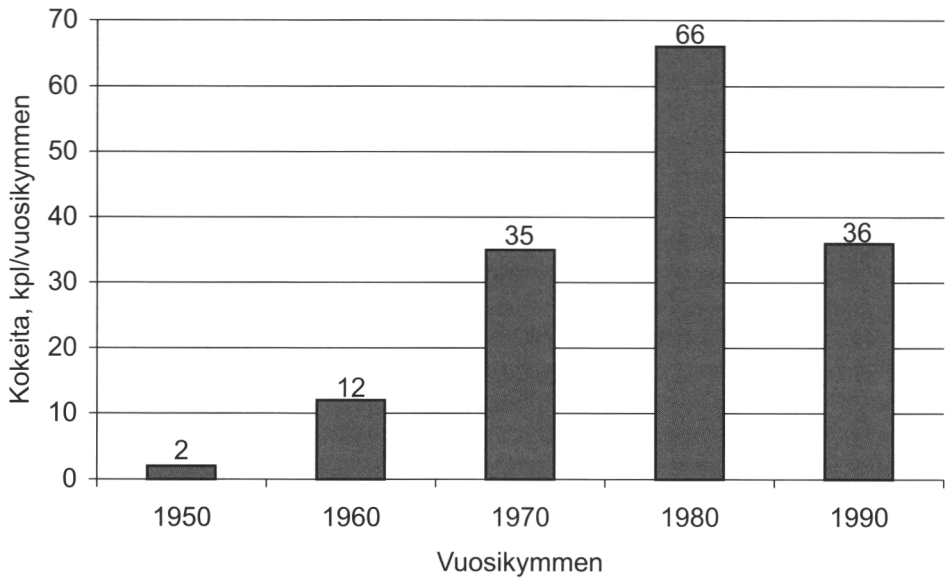
- Nähdessään edes yhden kokeen oppilaitoksensa opetusmetsässä oppilaat ja ammattiväki osaavat odottaa koesarjan antamia tuloksia tulevaisuudessa.

Hyödyt Metsäntutkimuslaitokselle:

- Opetusmetsissä saattaa olla kohteita joita laitoksen omista tutkimusmetsistä ei löydy.
- Laitoksen tutkimusalueet alkavat olla jo täynnä kokeita. Sijoittamalla uusia kokeita laitoksen ulkopuolisiin metsiin omat metsät säästyvät muita tutkimustarpeita varten.
- Oppilaitoksilta on mahdollista saada avustavaa työvoimaa kokeiden perustamiseen ja huoltoon;
- Myös kokeiden lähivalvonnassa saadaan arvokasta tukea oppilaitokselta.
- Pitkäaikaisilla kokeilla joudutaan tekemään pienimuotoisia, määräaikaista huolto- ja metsänhoitotöitä. Tähän muut maanomistajat eivät enää nykyisin helposti kykene.
- Metsäntutkimuslaitoksen työryhmät saavat yleensä majoituksen, ruokailun ja muutoinkin asiallisen huollon metsäoppilaitoksilta.
- Pitkäaikaisista, hyvin mitatuista ja dokumentoiduista kokeista saadaan usein käyttökelpoista aineistoa myös uusien tutkimusaiheiden selvittelyyn.
- Kokeiden avulla laitos voi esitellä omia tutkimushankkeitaan ja työmenetelmiään käytännön työelämään erikoistuville henkilöille. Tämänkaltainen tiedonlevitys on eräs laitoksen tärkeitä tehtäviä.

Yhteistyön syventämiselle otollinen ajankohta

Tuomarniemen 100-vuotinen historia alkoi aikana, jolloin Metsäntutkimuslaitosta ei ollut vielä olemassakaan. Tuolloin oppilaitos joutui turvaamaan opetuksessa tarvittavan metsällisen tiedon saannin tekemällä itse kokeita ja muita selvityksiä omassa harjoitushoitoalueessaan. Toiselle satavuotiskaudelle siirryttäessä Tuomarniemellä on jälleen mahdollisuuksia ja myös tarvetta käynnistää omaehtoista koe- ja tutkimustoimintaa. Nyt oppilaitos voi kuitenkin ottaa huomioon myös Metsäntutkimuslaitoksen olemassaolon ja sen lisäksi tiedon, että Metsäntutkimuslaitoksen itseriittoisuuden aika alkaa olla takana. Metsäntutkimuslaitos ei ole vielääkään heikko, mutta nyt se saattaa olla yhteistyöhaluisempi ja -kykyisempi kuin viime vuosisadan alkupuoliskolla.



■ Kuva 1. Ähtärissä ja naapurikunnissa perustetut Metlan kokeet.

■ Taulukko 1. Ähtärissä ja sen ympäristökunnissa sijaitsevien kokeiden jakautuminen tutkimusaloittain v. 2003.

Tutkimusala	Voimassa	Päättynyt	Yhteensä
Metsänjalostus	55	30	85
Lannoitus	7	6	13
Suometsät	4	8	12
Harvennus	4	6	10
Siemensadon seuranta	8		8
Kasvunvaihtelu		6	6
Taimikon harvennus	1	5	6
Kontortamänty	3		3
Metsän uudistus	3		3
Peltojen metsitys	3		3
Hirvien ravinnonotto	1		1
Sekametsiköiden kasvatus	1		1
Yhteensä:	90	61	151

Kuusikoiden harventamisesta

Jussi Saramäki
Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema

Jari Hynynen
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus

Johdanto

Puuston harvennusreaktiosta on keskusteltu kauan ja sitä on tutkittu. Yleinen käsitys on ettei harvennuksella voida lisätä puun tuotosta (esim. Vuokila 1960, 1975, 1980a, 1980b, Hynynen ja Saramäki 1995, Hynynen ja Arola 1999). Erityisesti on todettu kasvatappioita männyn harvennuksessa, josta myös on julkaistu viime vuosina tuloksia (Vuokila 1981, Hynynen ja Saramäki 1995, Hynynen ja Arola 1999). Myös kuusikoiden harvennusta on tutkittu kauan (esim. Vuokila 1975, 1980, Carbonnier 1957, 1974, Brantseg 1969, Eriksson 1976, Braastad & Tveite 2000a, b, 2001, Eriksson & Karlsson 1997).

Kuusikoiden on todettu reagoivan vaihtelevasti harvennukseseen, mutta kasvu ei ole suomalaisten (Vuokila 1980a) eikä ruotsalaisten (Eriksson 1976, Eriksson & Karlsson 1997) tutkimusten mukaan sanottavasti vähentynyt voimakkaankaan harvennuksen jälkeen rehevillä kasvupaikoilla. Myös norjalaisten (Braastad & Tveite 2000a) selvitysten mukaan kuusikon kasvu vähenee voimakkaan harvennuksen jälkeen vain hiukan. Norjalaisten (Braastad & Tveite 2000b) tulosten mukaan voimakas taimikonharvennus aiheuttaa kuitenkin tuotostappioita. Toisaalta esim. Eriksson ja Karlsson (1997) korostavat nuoren kuusikon hyvää kykyä reagoida lisääntyneeseen kasvutilaan (myös Vuokila 1980). Vanhempien puiden kyky reagoida harvennuksen lisäämään kasvutilaan on heikompi kuin nuorten (Hynynen & Kukkola 1989, Hy-

nynen & Arola 1999). Kuusikoiden harvennuksissa jäävän puuston laadun parantamisella ei ole yhtä korostettua asemaa kuin männiköissä. Kuusikoissa tärkein tavoite on kohdistaa kasvu vallitseviin, hyväkuntoisiin ja mahdollisimman samankokoisiin puuyksilöihin.

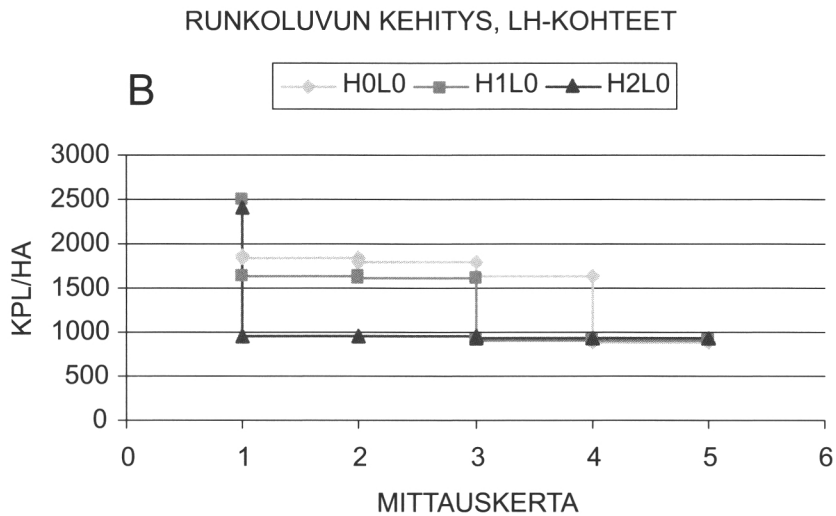
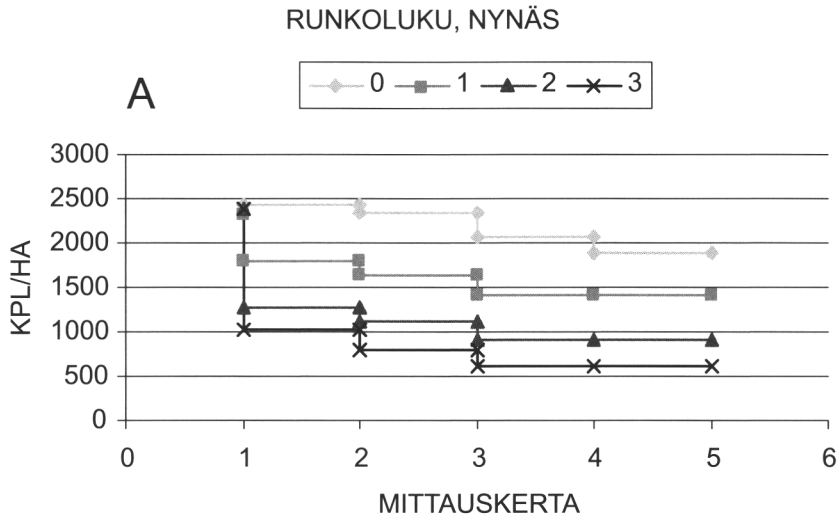
Tämän esityksen tavoitteena on selvittää hoidettujen kuusikoiden reaktiota harvennuksen viimeisimpien suomalaisten pitkäaikaisten kokeiden tulosten perusteella. Tarkastelun kohteena on erityisesti harvennusreaktio ensiharvennuksen jälkeen. Tutkimuksessa selvitetään metsikkötason kasvua ja tuotosta erivahvuisten ensiharvennusten jälkeen. Kun aiemmin (Vuokila 1981, Hynynen & Saramäki 1995, Hynynen & Arola 1999) on tarkasteltu männiköiden kasvua ja tuotosta ensiharvennuksen jälkeen ja männyn kykyä reagoida myöhästyneeseen ensiharvennukseseen, on tämän esityksen tavoitteena tehdä vastaavaa vertailua kuusikoiden osalta.

Aineisto ja menetelmät

Nynäsin harvennuskokeet

Nynäsin harvennuskokeet Heinolan maa-laiskunnassa nykyisen UPM-Kymmene yhtiön mailla on perustettu vuosina 1961 ja 1962. Kokeilla on pyritty selvittämään puustopääomatason vaikutusta kuusikoiden kasvuun ja tuotokseen. Kokeiden tuloksia ja koejärjestelyn yksityiskohdat on esitelty aiemmin mm. Vuokilan (1975, 1980) julkaisuissa.

Koemetsiköitä oli alun perin viisi, mutta koemetsikkö 2 jäi osittain tienrakenuksen alle ja jouduttiin hylkäämään tästä tarkastelusta. Kaikkiaan toistoja on jäljellä seitsemän ja koealoja 28. Kokeet ovat istutuskuusikoita, jotka on perustettu verho-puuston alle. Koemetsikkö 1 on mustikka-



■ Kuva 1. Runkolukujen kehitys A) Nynäs-kokeet, B) LH-kokeet. Käsitteilyjen selitykset Nynäs: 0 = käsittelemätön, 1 = lievä harvennus (90 % pohjapinta-alataso), 2 = voimakas harvennus (75 % pohjapinta-alataso), 3 = erittäin voimakas harvennus (60 % pohjapinta-alataso); LH-kokeet: H0L0 = 15 vuotta myöhästetty harvennus, H1L0 = kahdessa vaiheessa harvennus, H2L0 = voimakas harvennus. (Ks myös Aineisto ja menetelmät).

tyypillä ja muut käenkaali-mustikkatyypillä pituusboniteetin vaihdellessa 28 - 34 metrin välillä. Valtapituus koetta perustettaessa vaihteli 13 - 16,3 metrin välillä ja metsiköiden iät 32 - 40 vuoteen. Koemetsiköiden seurantajakso 26(- 27) vuotta ajoittui vuosille 1961 - 1998.

Kokeen tavoitteena olleet suhteelliset puustopääomatasot ja niiden toteutuminen tutkimusjakson aikana olivat:

Harvennuskäsittely		Suhteellinen pohjapinta-ala (% käsittelemättömästä)			
Tunnus	Nimi	Tavoite	Mitattu kokeen alussa	Mitattu 17 v.n kuluttua	26(-27) v. kuluttua
0	käsittelemätön	100	100	100	100
1	lievä	90	88	85	87
2	voimakas	75	78	74	77
3	erittäin voimakas	60	66	58	62

Puustopääomatasot pyrittiin säilyttämään harventamalla koelat 1., 2., 3. ja 5. mittauksen yhteydessä tavoitetasoille. Kuvassa 1a. esitetään runkoluvun kehitys eri käsittelyissä.

Ennen kokeiden perustamista metsiköistä oli poistettu vain verhopuusto ja suoritettu taimikon perkaus. Tutkimusjakson aikana ei sattunut mainittavia luonnontuhoja, jotka olisivat vaikuttaneet tuloksiin.

Lannoitus-harvennuskokeet

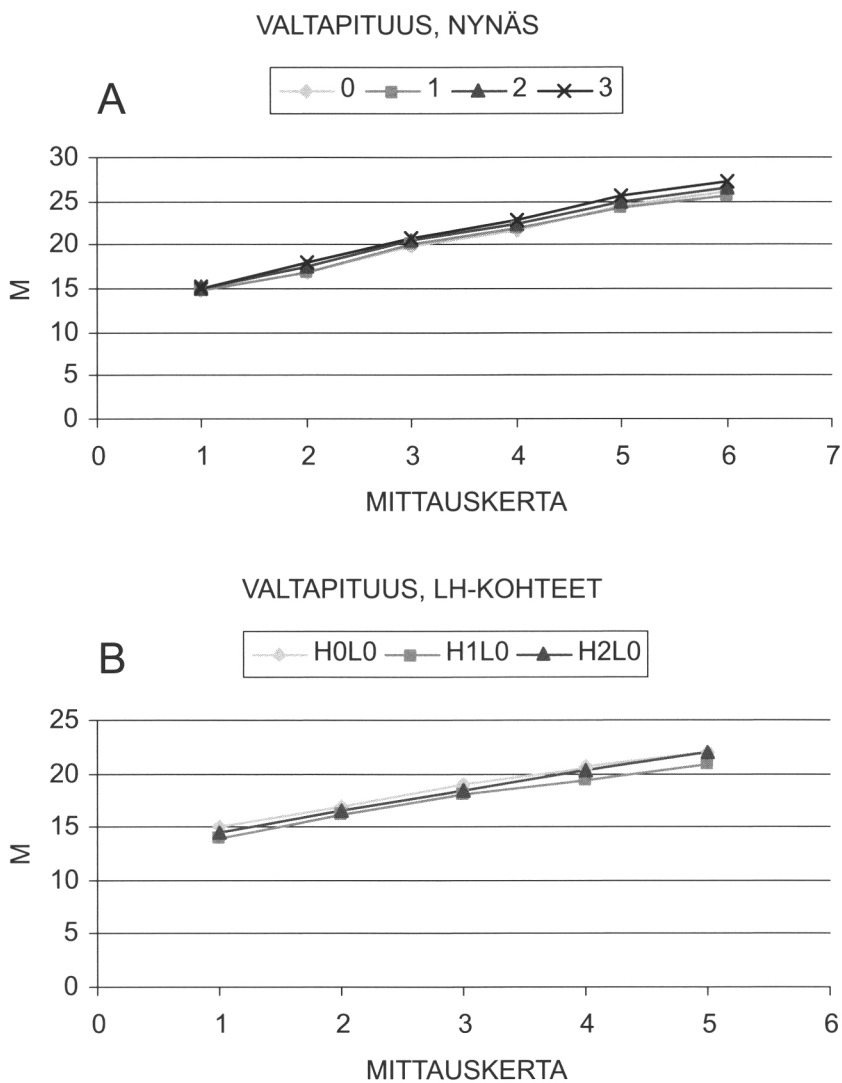
Lannoitus-harvennus (LH) kokeiden aineistoon kuuluu kolme koetta, joita on mitattu 20 vuoden ajan viiden vuoden välein. Kokeiden alkuperäisenä tarkoituksena oli selvittää lannoitusten ja harvennusten vaikutuksia ensiharvennusvaiheen kuusiköiden kehitykseen ja tuotokseen. Koejärjestelyltään kokeet ovat 3 x 3 faktorikokeita, joissa on kolme harvennus- ja kolme lannoituskäsittelyä. Harvennuskäsittelyt olivat: 1) aikainen voimakas ensiharvennus (H2), jossa kokeen alussa poistettiin 60 % puuston runkoluvusta, 2) kaksivaiheinen harvennus (H1), jossa 30 % runkoluvusta poistettiin kokeen alussa ja toiset 30 % alkupe-

räisestä runkoluvusta 10 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta ja 3) viivästetty ensiharvennus(H0), jossa 60 % runkoluvusta harvennettiin 15 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta (kuva 1b). Kaikki harvennukset olivat alaharvennuksia. Koejärjestely ja tehdyt toimenpiteet on selitetty yksityiskohtaisesti Hynysen ja Arolan (1999) tutkimuksessa, jossa on käsitelty ensiharvennusmänniköiden vastaavia reaktioita.

Koemetsiköt ovat istutuskuusikoita, joissa taimikon hoito on tehty ajallaan metsänhoito-ohjeiden mukaisesti. Kasvupaikkatyypiltään metsiköt ovat lehtomaisia kangkaita, joilla pituusboniteetti vaihtelee välillä 21,0 - 28,5 m. Puuston valtapituus perustettaessa oli 12,9 - 16,1 m ja ikävaihtelu 38 - 53 vuotta. Koemetsiköiden seurantajakso ajoittui vuosille 1976 - 1999.

Mittaukset ja puustotunnusten laskenta

LH-kokeet mitattiin viiden vuoden välein ja Nynäsin kokeet 5, 7, 5, 5 ja 4 vuoden välein alusta lukien. Kultakin koelalalta mitattiin kaikkien puiden läpimittojen lisäksi noin 40 satunnaisesti valittua koepuuta, joista mitattiin puun pituus, läpimitta kuuden metrin korkeudelta. LH-kokeilta arvioitiin lisäksi kaikista puista latvuskerros, tekninen laatu ja terveydentila ja mitattiin koepuista elävän latvuksen alaraja sekä läpimitat 2,5 %, 10 %, 30 % ja 50 % suhteellisilta korkeuksilta. Molempien koesarjojen puustotunnukset laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen koelajojen peruslaskentaohjelmistolla (Heinonen 1994) LH- kokeilla



■ Kuva 2. Valtapituuden kehitys A) Nynäs-kokeet, B) LH-kokeet. Käsittelyjen selitykset kts. kuva 1.

Hynysen ja Arolan (1999) kuvaamalla tavalla ja Nynäsin kokeilla käyttäen suhteellisten korkeuksien läpimittojen sijasta kuuden metrin korkeuden läpimittaa koepuiden tilavuuden määrittämisessä.

Koska tässä esityksessä vertaillaan eri käsittelyjen vaikutuksia tuotokseen koko jakson aikana ei kasvunvaihtelusta johtuvaa korjausta mittauksiin ole tehty. Tunnusten käsittelyjen välisessä vertailussa käytettiin kovarianssianalyysia, jossa selitettävänä muuttujana oli kyseinen tunnus, satunnaisuuttajana koe ja kovariaattina puuston tilavuus kokeen alussa ennen käsittelyä. Tämä kovariaatti korjaa puustopääomasta johtuvia eroja koealojen välillä ja osittain myös boniteetista johtuvia eroja. Koekohtainen satunnaismuuttuja selitti huomattavan osan mallin jäännösvaihtelusta. Seuraavassa esitettävät kuvat perustuvat korjaamattomiin mitattuihin lukuihin.

Tulokset

Puuston kasvu

Pituus

Metsiköiden pituuskehitystä tarkasteltiin valtapituuden avulla. Valtapituudella tarkoitetaan hehtaarilla kasvavan sadan paksuimman puun keskipituutta. Valtapituuden on todettu olevan melko riippumaton puuston tiheydestä, kun tiheys on normaalien metsänkäsittelyohjeiden mukainen eikä harvennus kohdistu suurimpiin puihin (esim. Vuokila 1980, Eriksson & Karlsson 1997, Hynynen & Arola 1999). Vuokila (1980) on todennut, osittain nyt käsiteltävään Nynäsin aineiston aikaisempiin mittauksiin perustuen, että voimakkaan alaharvennuksen seurauksena valtapituuden kehitys ei heikkene vaan pikemminkin nopeutuu. Sama trendi näkyikin Nynäsin koesarjalla vielä 26 - 27 vuotta kokeen perustamisen jälkeen. Voimakkaimmin harvennetuilla koealoilla valtapituus oli noin 0,7 m

suurempi verrattuna lievimmin harvennetuihin koealoihin (kuva 2a). Samansuuruisen ero näkyi 20 vuoden seurannan jälkeen myös lannoitus- harvennus-kokeiden voimakkaasti käsiteltyjen ja viivästetyn käsittelyn välillä (kuva 2b). Tilastollisesti erot eivät olleet merkitseviä.

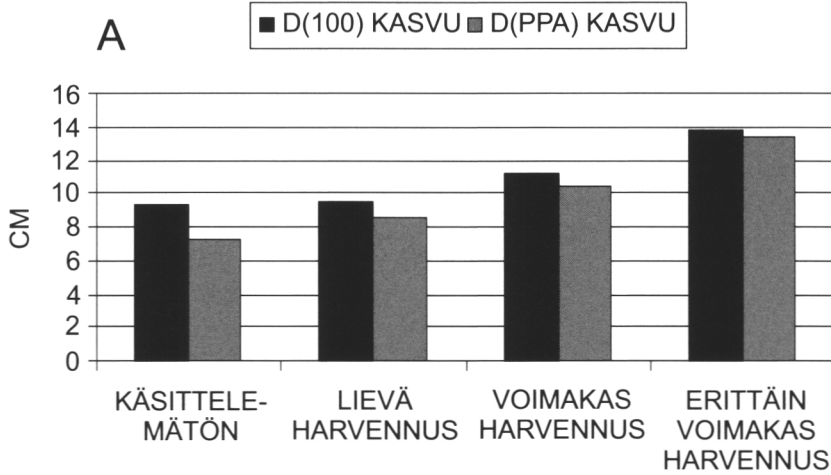
Nynäsissä ero näytti syntyneen heti ensimmäisen harvennuksen jälkeen eikä juurikaan muuttunut. LH-kokeilla sen sijaan voimakas harvennus hidasti ensin kasvua, mutta 10 vuoden jälkeen tilanne kääntyi päinvastaiseksi, ja alussa voimakkaasti harvennetut koealat kasvoivat paremmin kuin harventamattomat. Mittausjaksoittaiset erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Läpimitta

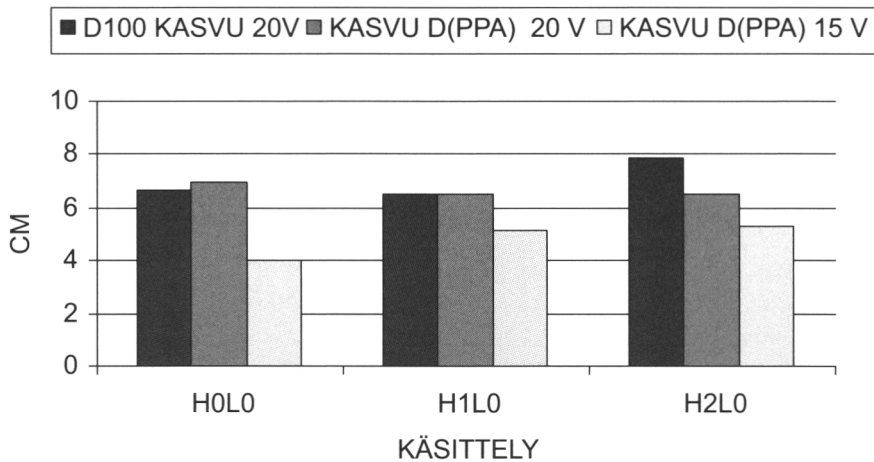
Puuston paksuuskasvua tarkasteltiin valtaläpimitan ja keskiläpimitan kehityksen avulla. Valtaläpimitta tarkoittaa hehtaarilla kasvavan sadan paksuimman puun keskiläpimittaa. Puuston järetyminen oli sitä nopeampaa mitä voimakkaammin puustoa oli harvennettu. Nynäsin kokeilla valtaläpimitan kasvu oli 26 - 27 vuoden mittausjakson aikana noin neljä senttimetriä suurempi voimakkaimmin käsitellyillä (60 % pohjapinta-alataso) koealoilla verrattuna käsittelemättömiin (kuva 3a). Vastaava ero 75% pohjapinta-alatason koealojen ja käsittelemättömien koealojen välillä oli 1.8 cm. LH-kokeilla alussa voimakkaimmin käsitellyillä lannoittamattomilla koealoilla valtaläpimitta oli kasvanut 1,2 cm enemmän kuin viivästetyn harvennuksen koealoilla (kuva 3b).

Keskiläpimitoissa erot olivat suurempia. Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta oli Nynäsin kokeilla 7,6 cm suurempi voimakkaimman käsittelyn koealoilla verrattuna käsittelemättömiin, kuitenkin keskiläpimittojen muutos oli vain 6.1 cm suurempi (kuva 3a). Seuraavaksi voimakkaimmalla (75 % pohjapinta-alataso) käsitellyllä ero oli 4,3 cm. LH-kokeilla alussa voimakkaasti käsitellyn ja viivästetyn kä-

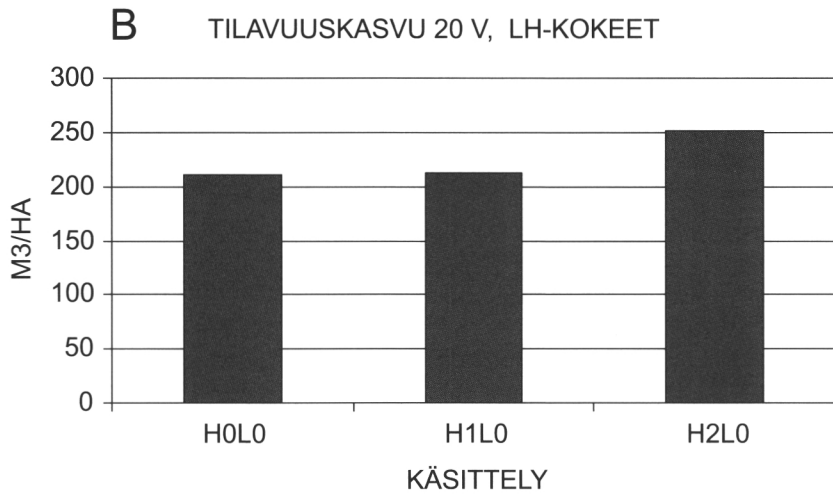
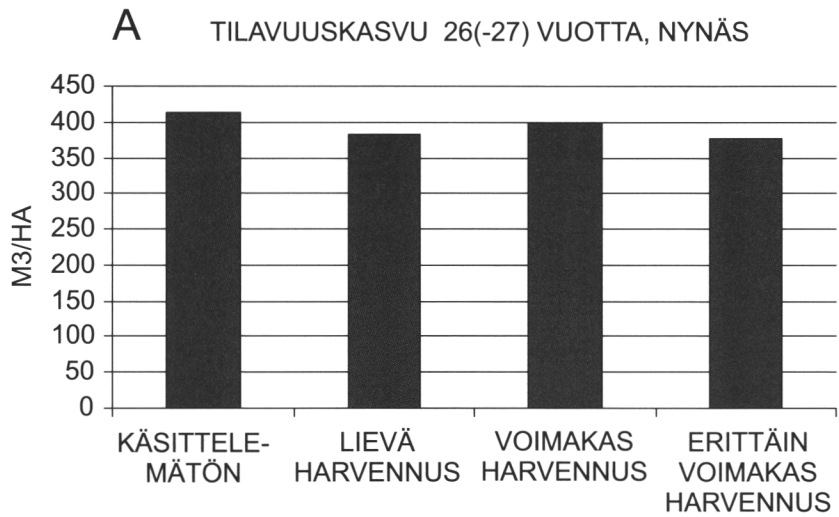
VALTA- JA KESKILÄPIMITAN KASVU 26(-27) V, NYNÄS



B VALTA- JA KESKILÄPIMITAN KASVU, LH-KOKEET



■ Kuva 3. Valta- (D(100)) ja keskiläpimitan (D(ppa)) kasvut tutkimujaksoilla A) Nynäs, B) LH-kokeet. Käsittelyjen selitykset kts. kuva 1.



■ Kuva 4. Tilavuuskasvu A) Nynäsin kokeilla, B) LH-kokeilla. Käsittelyjen selitykset kts. kuva 1.

sittelyn jälkeisen muutoksen ero oli 1,3 cm ennen myöhennettyä harvennusta, mutta hävisi lähes kokonaan harvennuksessa (kuva 3b).

Osa valtaläpimittojen ja keskiläpimittojen välisistä eroista käsittelyjen välillä on näennäistä, sillä läpimittojen muutos voimakkaimmin harvennetuilla Nynäsin koealoilla oli yhtä suurta laskettaessa se valta-
puista tai keskimääräistä pohjapinta-alaa vastaavana kaikista puista (kuva 3a). Suhteellisesti ottaen pienemmät puut olivat reagoineet huomattavasti voimakkaammin kuin suurimmat.

Tilavuus

LH-kokeilla voimakkaasti harvennettujen koealojen kasvu oli nopeampaa kuin viivästetyn harvennuksen koealoilla (kuva 4b). Erot kokonaistuotoksessa eivät olleet kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä. Sen sijaan Nynäsin koealoilla voimakkaimmin harvennettujen koealojen kasvu oli hieman käsittelemättömiä pienempää (kuva 4a). Koko tutkimusjakson kasvu oli LH-kokeilla sitä suurempi mitä voimakkaampi harvennus oli ollut. Nynäsin kokeilla tilanne oli tasaisempi. Erot tilavuuskasvuissa eivät olleet kummallakaan koesarjalla tilastollisesti merkitseviä.

Pohjapinta-ala kasvoi Nynäsin kokeilla suhteellisesti sitä voimakkaammin mitä voimakkaampi oli käsittely verrattuna suhteelliseen tilavuuskasvuun (kuva 5a). Tämä merkitsee runkomuodon huononemista. Vastaavaa ilmiötä ei ollut havaittavissa LH-kokeilla, joissa puusto sai tihentyä pitempään voimakkaan harvennuksen jälkeen (kuva 5b).

Poistuma ja kokonaistuotos

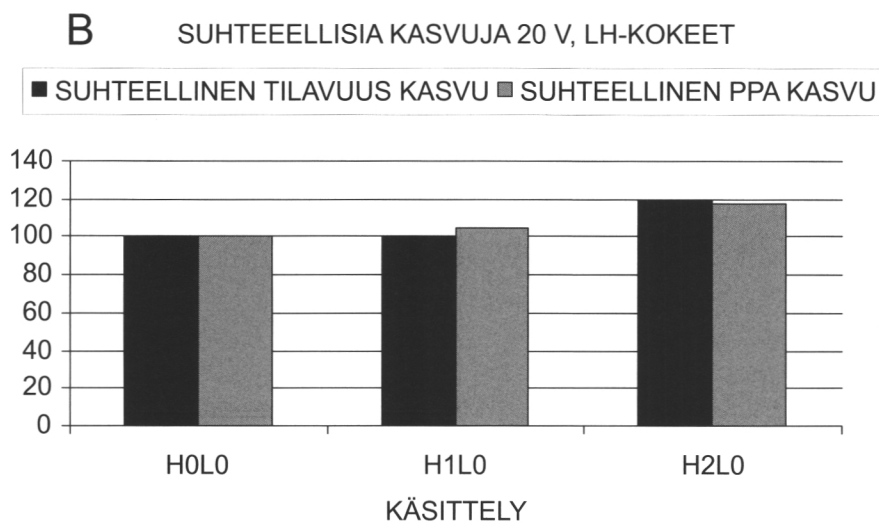
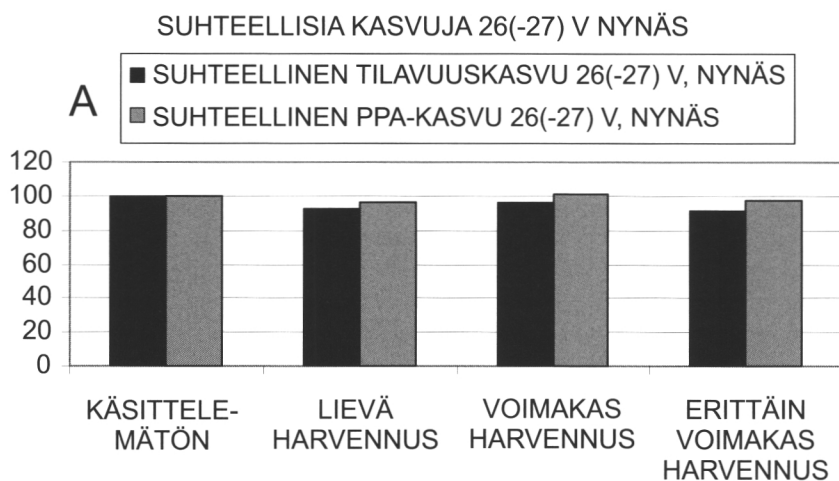
Harvennuspoistuma

Lannoitus-harvennuskokeiden harvennuspoistuman määrä aikaisin ja voimakkaasti harvennettujen (H2) ja kahdessa erässä harvennettujen (H1) osalta ei poikennut toisistaan (kuva 6b), mutta varhain tehty voimakas ensiharvennus tuotti vähemmän käyttöpuuta kuin kahdessa vaiheessa tehty vastaavan suuruinen vähennys runkoluvusta. Sen sijaan viivästetyn harvennuksen (H0) poistuma oli jo selvästi järeämpää ja käyttöpuumäärältään suurempi kuin muissa harvennusvaihtoehdoissa.

Nynäsin kokeiden tavoitteista johtuen harvennukset eivät vastaa nykykäsitetyksen mukaisia harvennuksia, mutta niissäkin pienempään puustopääomaan pyrkivissä käsittelyissä saadut poistumat olivat sekä keskikooltaan että määrältään suurempia kuin korkeampia puustopääomia tavoittelevissa käsittelyissä (kuva 6a).

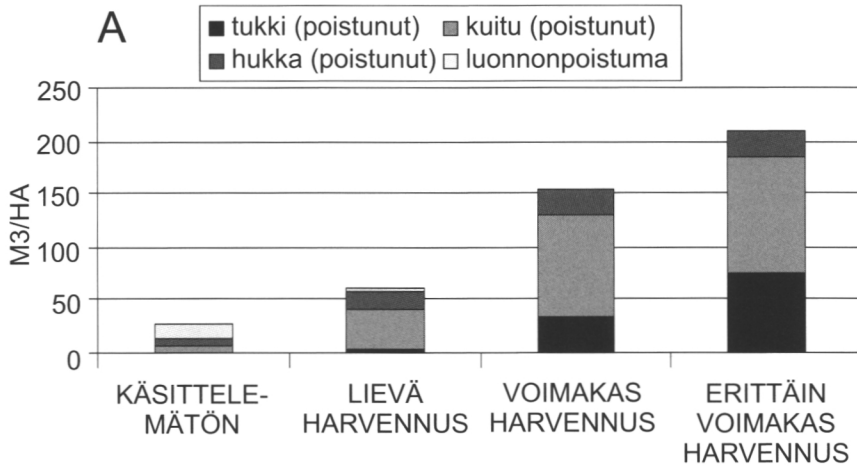
Luonnonpoistuma

Luonnonpoistuman osuus runkoluvusta ja tilavuudesta pienei harvennusvoimakkuuden kasvaessa. Lannoitus-harvennuskokeiden viivästetyn harvennuksen koealoilla luonnonpoistuman osuus runkoluvusta oli hieman alle 20 %. Luvut olivat samaa suuruusluokkaa myös Nynäsin kokeilla. Varhaisen voimakkaan harvennuksen koealoilla luonnonpoistuman osuus oli merkityksetön. Nynäsin kokeilla luonnonpoistuman osuus ja määrä kasvoi myös selvästi harvennuspoistuman vähentyessä. Tilavuuksina mitaten luonnonpoistuman osuus kokonaistuotoksesta jäi molemmilla koesarjoilla harventamattomillakin koealoilla muutama prosenttiin, joskin suunta sen lisääntymiseen ajan myötä oli selvä.

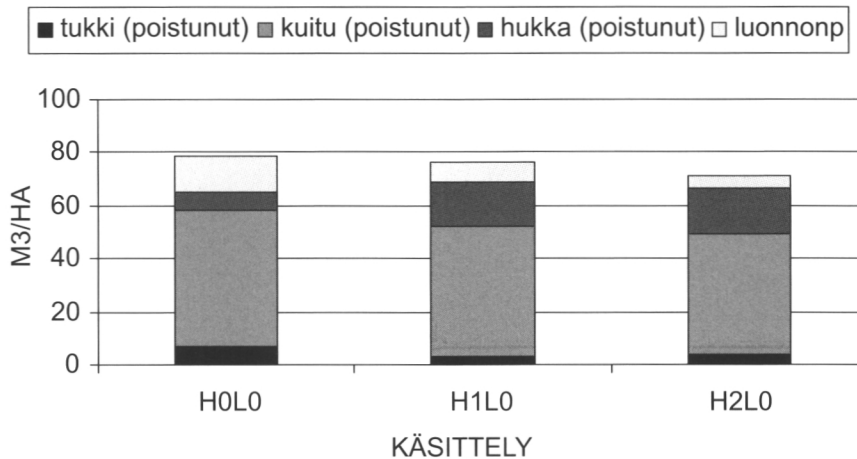


■ Kuva 5. Suhteelliset tilavuus- ja pohjapinta-alan kasvut A) Nynäs-kokeet, B) LH-kokeet. Käsittelyjen selitykset kts. kuva 1.

POISTUMAN RAKENNE 26(-27) V, NYNÄS

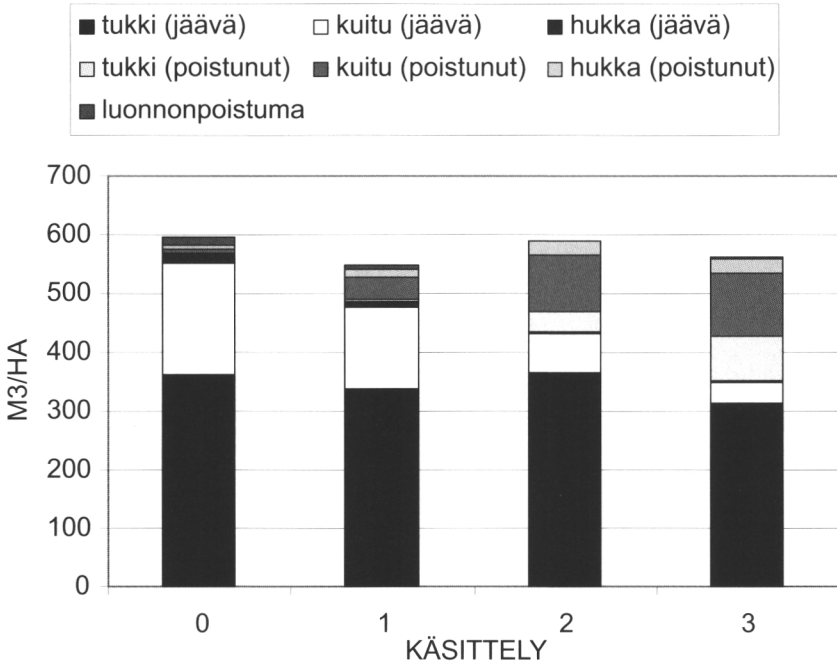


B POISTUMIEN RAKENNE, LH-KOKEET

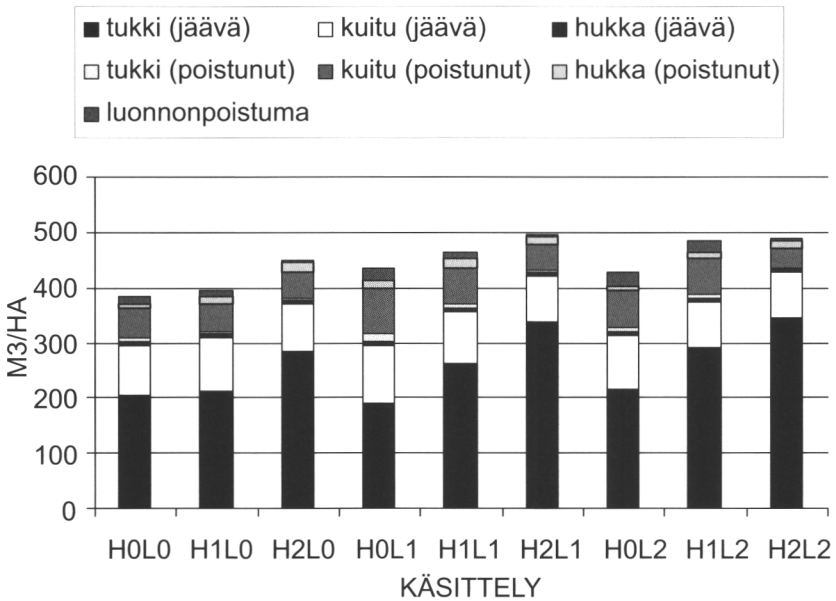


■ Kuva 6. Poistumien rakenne A) Nynäsin kokeet, B) LH-kokeet. Käsittelyjen selitykset kts. kuva 1.

A KOKONAISTUOTOS 26(-27) VUODEN SEURANTA



B KOKONAISTUOTOS, LH-KOKEET



■ Kuva 7. Kokonaistuotoksen rakenne A) Nynäsin kokeet, B) LH-kokeet. Käsitteilyjen selitykset kts. kuva 1.

Kokonaistuotos

Lannoitus-harvennuskokeilla jakson lopussa tukkipuun kokonaistuotos oli lähes 70 m³/ha suurempi kuin myöhäisen harvennuksen koaloilla (kuva 7b). Tilanne kuitenkin tasoittunee tällä koesarjalla, kun puusto ehtii reagoida viivästyneeseen harvennuksen. Nynäsin kokeilla, joita seurattiin pitempään, tukkipuun kokonaistuotos oli noin 30 m³/ha suurempi voimakkailla käsittelyillä verrattuna käsittelemättömään.

LH-kokeilla tähänastinen kokonaistuotos oli sitä suurempi mitä voimakkaammin koaloja on harvennettu (kuvat 7b). Erot eri harvennustasojen välillä eivät ole kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä. Nynäsin kokeilla kokonaistuotos oli samansuuruinen kahdessa lievemässä harvennuskäsittelyssä, mutta kaikkein voimakkain harvennus alensi hieman kokonaistuotosta, joskaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (kuva 7a).

Tulosten tarkastelu ja johtopäätöksiä

Esitetyt tulokset ovat ensimmäisiä tuloksia kotimaisista kuusten pitkäaikaisista kesto-kokeista sitten Vuokilan (1975, 1980a) osittain samoista kokeista esittämistä tuloksista. Ne keskittyvät muutamaa paikkaan ja eivät siten anna mahdollisuuksia kovin suuriin yleistyksiin, mutta ovat toisaalta perusteellisesti mitattuja ja kokeina tilastollisen tarkastelun kestäviä. Saadut tulokset tukevat aikaisempia käsityksiä kuusikon kasvu-reaktiosta harvennuskäsittelyihin sekä kotimaassa (Vuokila 1980a.) että lähinaapurissa (Eriksson 1976, Eriksson ja Karlsson 1997, Braastad & Tveite 2000a, 2001).

Tulosten mukaan nuoressa kuusikossa puuston kyky reagoida harvennukseen on hyvä. Tulos on sikäli merkittävä, että se antaa ensiharvennusten suunnittelijalle varsin väljät rajat harvennusten ajoituksen ja voimakkuuden määrittämisessä, ja mahdollistaa voimakkaankin harvennuksen ilman kasvunmenetyksiä. Edellytyksenä on se,

että kuusikon alkukehityksestä on huolehdittu asianmukaisesti. Saadut tulokset viittaavat myös siihen, että vanhemmissa kuusikoissa puusto ei reagoi yhtä voimakkaasti ja nopeasti harvennuksissa vapautuneeseen kasvutilaan.

Kirjallisuus

- Braastad, H. & Tveite, B. 2000a. Tynning i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordelning og økonomi. Norsk institutt for skogforskning. Rapport fra skogforskningen 4/00:1–30.
- Braastad, H. & Tveite, B. 2000b. Ungskogpleie i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordelning, kronehøyde og kvisttykkelse. Norsk institutt for skogforskning. Rapport fra skogforskningen 11/00:1–24.
- Braastad, H. & Tveite, B. 2001. Tynning i gran og furubestand. Effekt av tynning på volumproduksjon, middeldiameter og diameter av de 800 grovste traer per ha. Norsk institutt for skogforskning. Rapport fra skogforskningen 10/01:1–27.
- Brantseg, A. 1969. Furu sonnafjells. Produksjonstabeller. Meddelanden Norske Skogforsoksvesen. 94.
- Carbonnier, C. 1957. Ett gallringsförsök i planterad granskog. Zusammenfassung: Ein durchforstungsversuch in gepflanzten Fichtenwald. Statens Skogforskningsinstitut, Uppsatser 55.
- Carbonnier, C. 1974. Preliminära resultat från ett gallringsförsök i planterad granskog. Summary: Preliminary results from a thinning experiment in a Norway spruce plantation. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion. Rapporter och Uppsatser 29
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 41. 291 s.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Karlsson, K. 1994. Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutveckling i ett försök i granskog. Summary: Effect of extraction road width and thinning pattern on stand development in an experiment with Norway spruce (*Picea abies*)

- (L.) Karst.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report no 38:1–21.
- Eriksson, H. & Karlsson, K. 1997. Olika gallrings- och gödslingsregimers effekter på beståndsutvecklingen baserat på långliggande experiment I tall- och granbestånd i Sverige. Summary: Effects of different thinning and fertilization regimes on the development of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.)) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in long-term silvicultural trials in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report no 42:1–127.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. Metsätieteen Aikakauskirja 1/1999:5–23.
- Hynynen, J. & Kukkola, M. 1989. Harvennustavan ja lannoituksen vaikutus männikön ja kuusikon kasvuun. Summary: Effect of thinning method and nitrogen fertilization on the growth of Scots pine and Norway spruce stands. Folia Forestalia 731. 20 s.
- Hynynen, J. & Saramäki, J. 1995. Ensiharvennuksen viivästymisen ja harvennusvoimakkuuden vaikutus nuoren männikön kehitykseen. Folia Forestalia – Metsätieteen Aikakauskirja 1995(2):99–113.
- Vuokila, Y. 1960. Männyn kasvusta ja sen vaihtelusta harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and variation in thinned and unthinned Scots pine stands. Communicationes Instituti forestalis Fenniae 52(7):1–38.
- Vuokila, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantation as a problem of timber production. Folia Forestalia 247. 24 s.
- Vuokila, Y. 1980a. Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotokseen. Summary: The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland. Folia Forestalia 448. 15 s.
- Vuokila, Y. 1980b. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Porvoo. 246 s.
- Vuokila, Y. 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen. Summary: The growth reaction of young pine stand to the first commercial thinning. Folia Forestalia 468. 13 s.

Kuusialikasvosten kehitys harvennusmetsissä

*Pentti Niemistö
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema*

Johdanto

Kuusialikasvosta tarkastellaan metsänhoidossa yleensä metsän uudistumisen näkökulmasta. Niitä esiintyy kuitenkin myös nuorissa metsiköissä, joissa uudistushakuuseen on vielä kymmeniä vuosia aikaa. Kuusialikasvokset ovat yleistyneet mänty- ja koivuvaltaisissa harvennusikäisissä metsiköissä. Alikasvosten syntymistä ovat lisänneet viljelyalojen maanmuokkaus, ojitusalueiden luontainen kuusettuminen ja useat hyvät kuusen siemenvuodet 1900-luvun lopulla

Harvennusmetsän kuusialikasvokseen voidaan suhtautua monella tavalla. Selväpiirteisin ratkaisu on raivata alikasvos haittaamasta puunkorjuuta (Tahvanainen 2001) ja verottamasta valtapuuston kasvukykyä (Kalela 1936, Isomäki 1979). Toisaalta alikasvosta voi hyödyntää kasvattamalla metsikkö kaksijaksoisena kiertoajan loppuun. Tällöin tavoitteena on tuottaa kuusikuitupuuta valtapuuston alla. Tavoitteena voi olla myös pääpuulajin vaihto ajan myötä kuuseksi. Eräissä tilanteissa kuusi voi myös nousta päällyspuuston rinnalle ja muodostaa sen kanssa yksijaksoisen metsän (Mielikäinen 1980, 1985). Toisaalta puulajiltaan tai kunnoltaan huono verhopuusto voidaan poistaa ja kuusikko vapauttaa aikaisessa vaiheessa.

Alikasvoksesta ja valtapuustosta puhutaan silloin, kun toimenpiteet metsiköissä tehdään ylemmän puujakson ehdoilla. Kaksijaksoisen metsän kasvatuksessa hoitotoimenpiteitä tehdään yhtä aikaa ylemmän ja alemman puujakson hyväksi. Kun toimenpiteet tehdään alemman jakson hyväksi kutustaan ylempää puujaksoa joko verho- tai ylispuustoksi.

Tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella kaksijaksoinen koivu-kuusi sekametsikkö on kilpailukykyinen vaihtoehto puhtaaseen koivikkoon ja kuusikkoon verrattuna (Mielikäinen & Valkonen 1995, Valkonen & Valsta 2000, Valkonen 2000, Hynynen 2002). Tähänastisen tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida täsmentää kaksijaksoisen metsän kasvatusohjeita erilaisilla kasvupaikoilla ja eri koivulajeilla. Menetelmän suosio riippuu toisaalta metsäluonnolle asetettavista tavoitteista ja toisaalta puunostajien ja -korjaajien halusta ja kyvystä vaativaan ja normaalia kalliimpaan puunkorjuuseen. Kaksijaksoisuuden etuina voidaan pitää uudistamisessa säästyviä kustannuksia ja aikaa sekä puuston pysyvää peitteisyyttä ja katkeamatonta puuntuotantoa.

Harvennusmänniköissä kuusialikasvoksen hyödyntämisestä on selvästi vähemmän tietoa ja kokemusta kuin koivikoissa. Vanhat alikasvostutkimukset koskivat enimmäkseen iäkkäitä ja pitkään juroneita alikasvoskuusikoita (Pöntynen 1929, Cajander 1934, Sirén 1950), mutta nykyisissä ensiharvennusmetsiköissä kuusialikasvos on suhteellisen nuorta ja usein myös elinvoimaista.

Koivuun verrattuna männyn kilpailuvaikutusta pidetään voimakkaampana, koska koivu ikääntyy nuorempana, sen juuristo on syvemmällä (Laitakari 1935, Mielikäinen 1980 ja 1985) ja lehtikarikeri parantaa maata (Priha 1999). Valaistus ja lämpöolot saattavat myös olla koivikossa edullisemmat, ainakin keväällä ennen lehtien puhkeamista. Männiköt kasvavat usein karummilla kasvupaikoilla, mikä rajoittaa kuusialikasvoksen käyttöä. Näistä syistä kuusialikasvoksen hyödyntämiseen suhtaudutaan männiköissä varovaisemmin kuin koivikoissa. Vuokilan (1977) mukaan varttuneen kuusialikasvoksen (valtاپитuus yli 5 m) kasvattaminen voisi kuitenkin olla

■ Taulukko 1. Kertamitattujen tutkimusmetsiköiden yleistiedot sekä ylemmän mäntyjakson ja alemman kuusijakson puustotunnukset mittaussajankohtana 2001 tai 2002.

Metsikkö (koealat)	Metsä-tyyppi	Aika harvennuksesta, v	Puu-laji	Valta-pituus, m	Runkolu-ku, kpl/ha	Pp-ala m ² /ha
A (2 kpl)	VT	6	Mä Ku	15,6 3,2	700 1 200 (5 000)*	13,7
B (2 kpl)	MT	12	Mä Ku	15,5 5,0	300 ja 600 2 500 (12 000)*	6,0 ja 14,0
C (3 kpl)	MT	17	Mä Ku	20,0 8,0	600 700 - 1 500	22,0

* Kasvatettavat kuuset (suluissa kaikki kuuset)

kannattavaa jopa kuivahkon kankaan männikössä, mutta tulos perustui vain yhteen metsikköön

Männyn viljelyn valtakauden vuoksi maassamme ennakoidaan kuusipulaa. Voiko sitä lievittää jättämällä harvennuksessa osa alikasvoksista kasvamaan kokonaisvaltaisen ennakko-raivauksen sijasta? Millaiset kasvun edellytykset kuusilla on ja aleneeko männikön tuotos? Paljonko ne voisivat tuottaa kuitupuuta männikön alla? Onnistuuko koneellinen korjuu, jos alikasvos raivataan vain puiden tyviltä? Näihin kysymyksiin etsitään vastausta juuri aloitetussa tutkimuksessa. Sen tulosten valmistuminen vie vuosia. Muutamalta kertakoealalta on jo saatu havaintoja alikasvoskuusten kasvureaktioista ja myös eräältä kestokoekeelta esitetään alustavia tuloksia.

Seuraavassa tarkastellaan myös pitkäaikaisilta koivukokeilta saatuja tuloksia kuusialikasvoksen kehityksestä erilaisten harvennusten jälkeen. Tulokset ovat lähinnä turvemaan hieskoivikoista, täydennettynä yhdellä kivennäismaan rauduskoivukoekeella

Alikasvoskuusten kasvureaktio männikön harvennuksessa

Aineisto

Vuosina 2000 ja 2001 perustettiin kertakoealoja 5 - 17 vuotta sitten ensiharvennettuihin keski-suomalaisiin männiköihin (taulukko 1), joihin oli jätetty kasvamaan muutamien metrin pituisia alikasvoskuusia. Metsiköistä rajattiin 5 aarin ympyräkoaloja, joiden puusto kartoitettiin ja mitattiin (Metsikkökokeiden... 1987). Mäntyjaksosta kairattiin koealoittain 10 kasvukoepuuta ja alikasvoksesta kaadettiin sama määrä puita, joista mitattiin sädekasvut eri korkeuksilta ja pituuskasvut vuosikavaimien perusteella.

Tulokset

A. VT-männikkö

Alikasvoksen valtataimien vuotuinen pituuskasvu oli vähentynyt männikön harvennusta edeltävällä 10-vuotisjaksolla 30 cm:n tasolta 20 cm:iin. Harvennuksen jälkeisenä neljänä vuotena kasvu väheni

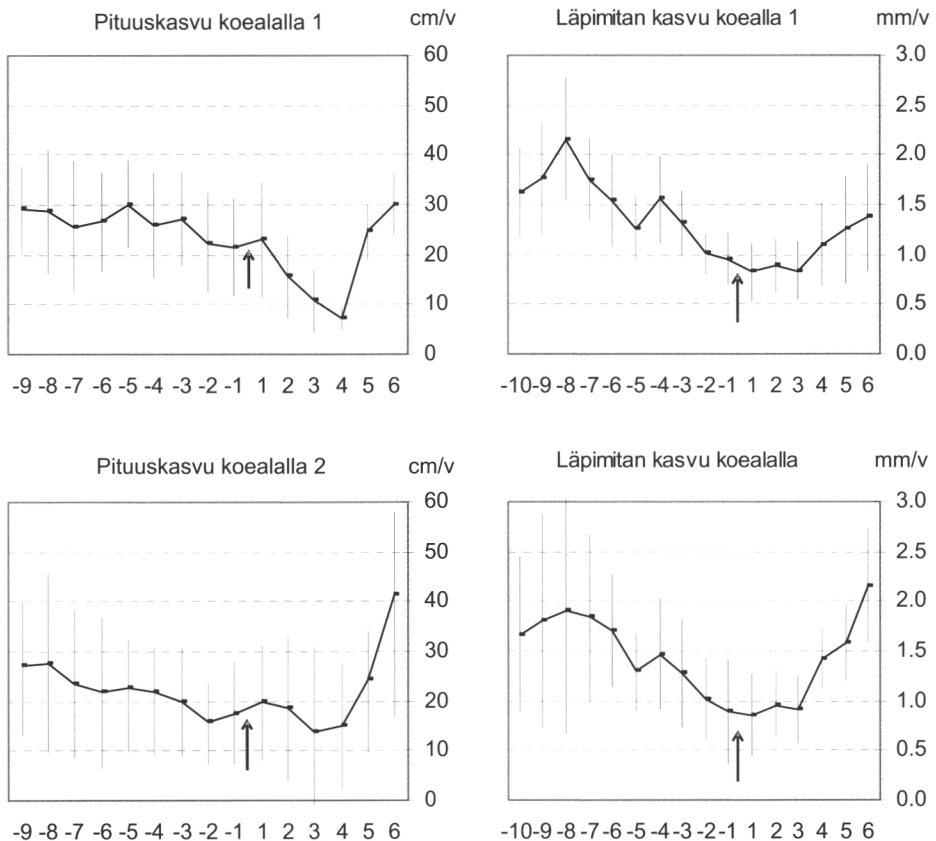
edelleen, koelalla 1 jopa huomattavan paljon (kuva 1). Viidentenä ja kuudentena vuonna harvennuksen jälkeen kuusten pituuskasvu elpyi voimakkaasti, taimikon valtapuilla 40 cm vuositasolle koelalla 2 ja 30 cm tasolle koelalla 1.

Valtataimien rinnankorkeusläpimitan kasvu oli ennen männikön harvennusta selvästi laskussa, mutta tasaantui harvennuksen jälkeen kolmeksi vuodeksi ja kohosi sen jälkeen voimakkaasti ainakin kolmen vuoden ajan. Kantoläpimitan kasvu on ollut hyvin samankaltaista. Ylempänä, 60 prosentin korkeudella läpimitan kasvu on ollut vähän voimakkaampaa kuin rinnankorkeudella.

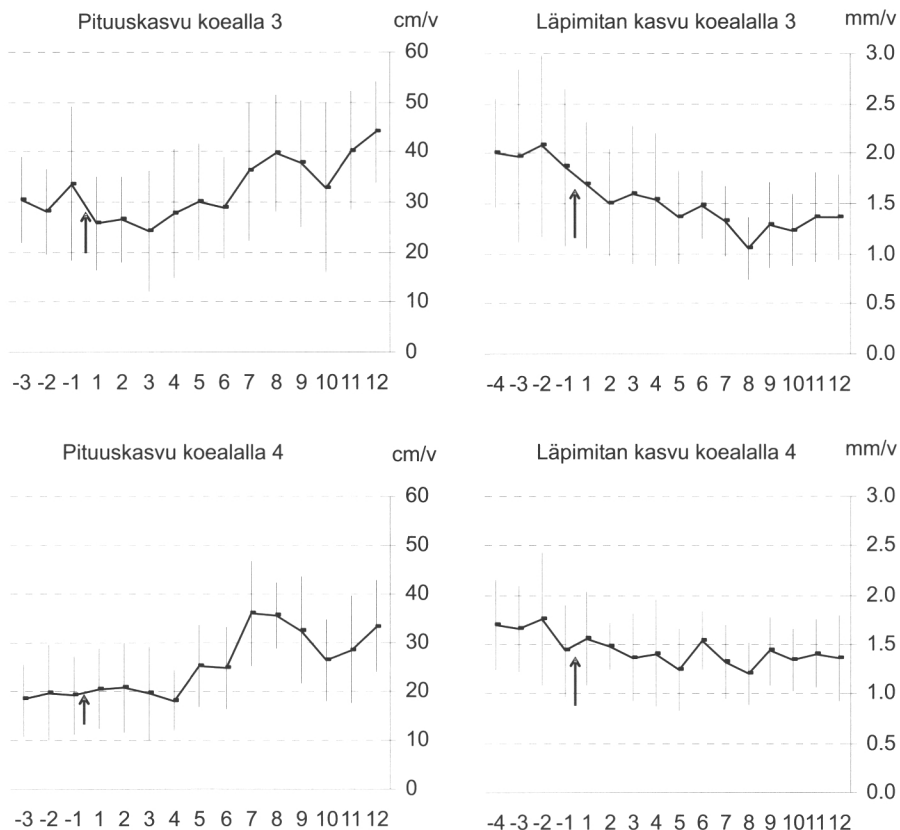
B. Nuori MT-männikkö

Männikkö harvennettiin nuorena ja voimakkaasti siten, että runkotilavuus 60 - 80 m³/ha pudotettiin 20 ja 40 kuutiometrin tasolle (koeala 3: 300 kpl/ha, koeala 4: 600 kpl/ha). Alikasvoksen tiheys oli ennen harvennusta 7 000 - 9 500 kpl/ha ja harvennuksen jälkeen 5 700 kpl/ha. Mittaushetkellä, 12 vuotta myöhemmin alikasvoksen kokonaistiheys oli noin 12 000 kpl/ha.

Männikön harvennuksen jälkeen alikasvoksen valtataimien pituuskasvu pysyi harvennusta edeltäneellä tasolla (20 cm/v), kun tiheys oli 600 mäntyä/ha, mutta väheni muutamalla cm:llä (26 cm/v), kun tiheys oli 300 mäntyä/ha (kuva 2). Neljännen vuoden jälkeen kuusten pituuskasvu lisää-



■ Kuva 1. Alikasvoskuusikon valtataimien pituuden ja rinnankorkeusläpimitan kasvureaktiot VT-männikön ensiharvennuksessa (hakuun ajankohta merkitty nuolilla). Pystyviivat kuvaavat koepuiden välistä keskihajontaa.



■ Kuva 2. Alikasvoskuusikon valtataimien pituuden ja rinnankorkeusläpimitan kasvureaktiot nuoren MT-männikön voimakkaassa ensiharvennuksessa (hakkuun ajankohta merkitty nuolilla). Pystyviivat kuvaavat koepuiden välistä keskihajontaa.

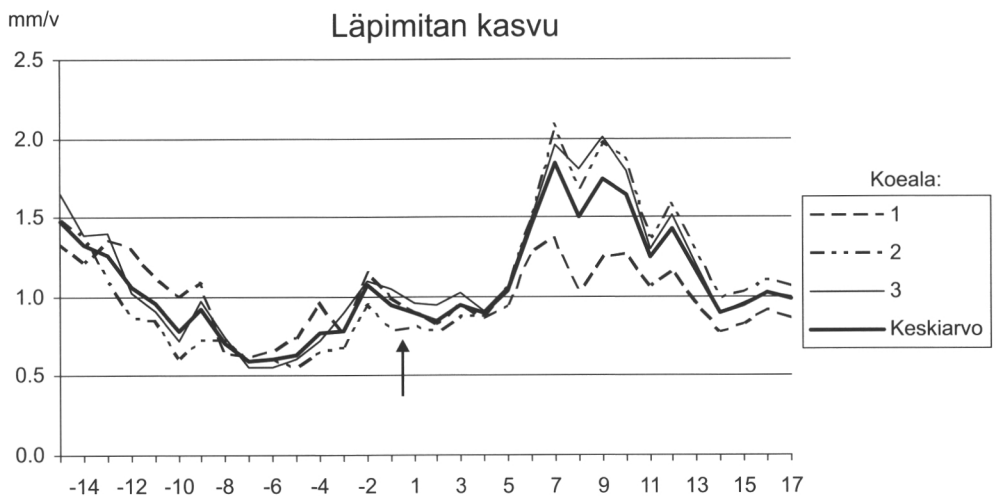
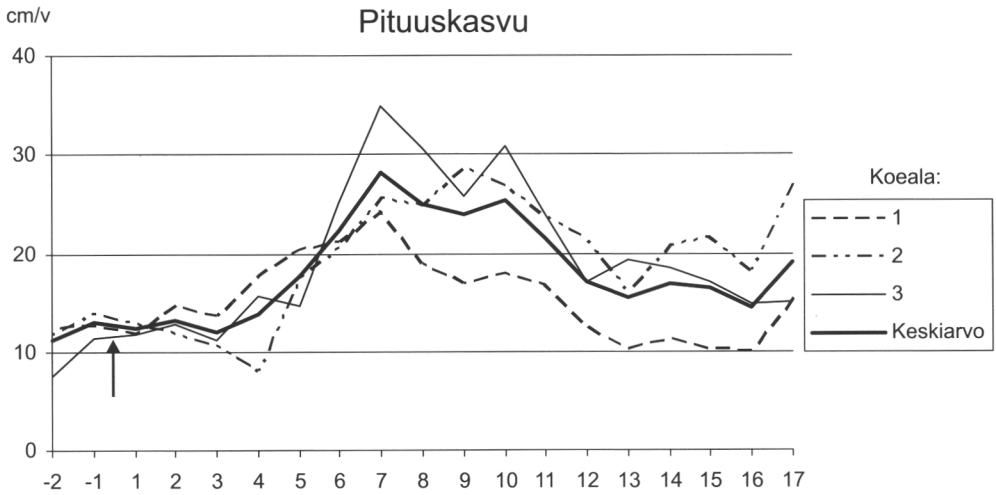
tyi 3 - 4 vuoden aikana 35 - 40 cm:n tasolle. Tästä eteenpäin harvemman männikön alla valtataimien pituuskasvu on pysynyt saavutetulla tasolla tai se on ehkä vähän kohonnutkin. Tiheimmän männikön alla kuusten pituuskasvu on laskenut lievästi.

Alikasvoksen valtataimien läpimitan kasvu rinnankorkeudella ei juurikaan reagoi nuoren männikön harvennukseen, vaan pysyi hyvin tasaisesti noin 1,5 mm:n vuositasolla, harvemmassa männikössä se on jopa hieman laskusuunnassa. Syynä tähän on todennäköisesti alikasvostaimikon suuri tiheys. Ylempänä rungolla, 60 prosentin korkeudella läpimitan kasvu oli hieman voimakkaampaa. Kannonkorkeudella läpimitan kasvu reagoi männikön harvennukseen samaan tapaan kuin pituuskasvu ja kohosi

kymmenessä vuodessa samalle tasolle rinnankorkeusläpimitan kasvun kanssa.

C. Varttunut MT-männikkö

Kuusten kasvureaktio mitattiin 17 vuoden ajalta männikön ensiharvennuksen jälkeen (kuva 3). Alikasvoskuusten kasvu pysyi harvennusta edeltäneellä tasolla (pituuskasvu 13 cm/v ja läpimitan kasvu rinnankorkeudella 0,9 mm/v) viiden vuoden ajan harvennuksesta. Tämän jälkeen sekä pituuden että läpimitan kasvut kaksinkertaistuvat kahdessa vuodessa ja pysyvät tällä tasolla neljän vuoden ajan. 11 - 14 vuotta harvennuksen jälkeen kasvut palautuivat lähelle harvennusta edeltäneyttä tasoa.



■ Kuva 3. Alikasvoskuusten pituuden ja rinnankorkeusläpimitan kasvureaktiot MT-männikön ensiharvennuksessa (hakuun ajankohta merkitty nuolilla).

Alikasvoskuusikon käsittelyn ja lannoituksen vaikutukset kasvuun

Aineisto

Muhoksella vuoden 1945 metsäpalon jälkeen luontaisesti syntynyt männikkö ensiharvennettiin vuonna 1978 keskimäärin tiheyteen 1 350 kpl/ha. Metsikössä oli tuolloin tiheä kuusialikasvos, 5 000 - 20 000 kpl/ha, joka oli syntynyt vuoden 1947 han-

kikylvöstä. Harvennuksen yhteydessä tehtiin kolmena toistona alikasvoksen käsittelevaihtoehtot: harventamaton, harvennus tiheyteen 2 000 kpl/ha ja kuusten raivaus. Seitsemäntoista vuoden kuluttua kuusten pohjapinta-alalla painotettu keskipituus oli harvennetuissa taimikoissa keskimäärin 5,5 m ja harventamattomissa 4,6 m.

Toisen harvennuksen jälkeen mäntyjakson tiheys oli keväällä 1996 koko alueella Tapion harvennusmallien mukaisesti 15 m²/ha, keskimäärin 713 kpl/ha. Alikasvoksen käsittelylohkoille (keskim. 0,66 ha)

■ Taulukko 2. Alikasvoskokeen puuston keskiarvot käsittelyittäin 1996.

Alikasvosten käsittely Koealoja		Harventamaton	Harvennus 1996	Harvennus 1978	Raivaus 1978
	kpl	3	4	12	10
Alikasvoskuuset 1996:					
Runkoluku	kpl/ha	14 000	2 000	2 200	
Keskiläpimitta, aritm.	cm	1,7	4,0	3,5	
Keskiläpimitta, ppa-pain.	cm	4,6	5,3	5,6	
Keskipituus, aritm.	m	1,9	4,2	3,6	
Keskipituus, ppa-pain.	m	4,4	5,4	5,5	
Männyt 1996:					
Valtapiuus	m	14,8	16,4	16,4	15,2
Runkoluku ennen harv.	kpl/ha	1 500	1 260	1 660	1 250
Runkoluku harv. jälkeen	kpl/ha	828	668	727	720
Tilavuus ennen harv.	m ³ /ha	145	180	199	162
Tilavuus harv. jälkeen	m ³ /ha	98	113	112	109

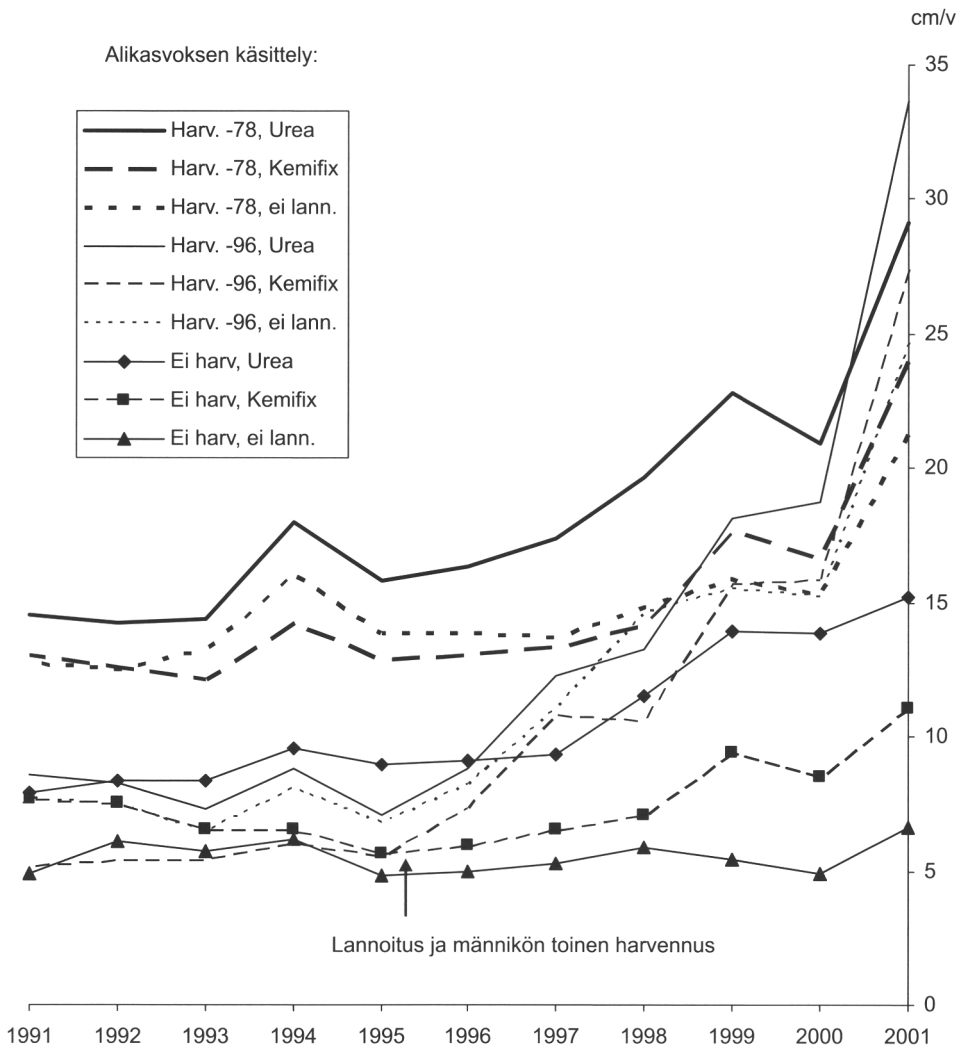
rajattiin tällöin kolme lannoituskoealaa kuhunkin. Vaihtoehdot olivat: lannoittamaton kontrolli, 300 kg ureaa/ha ja sama määrä tyypeä hidasiuikoisempaa Kemifixinä. Neljällä koealalla harvennettiin aikaisemmin harventamaton alikasvos tässä vaiheessa tiheyteen 2 200 kpl/ha. Kaikkiaan koealoja oli nyt 29 kpl, joista alikasvosta oli 19 koealalla (taulukko 2).

Pinta-alaltaan 600 m²:n koealat mitattiin keväällä 1996 ja uudelleen kuusi kasvukautta myöhemmin keväällä 2002. Ylemmän jakson mittauksessa noudatettiin Metsäntutkimuslaitoksen kestokokeiden yleistä käytäntöä (Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1987, ks. myös Niemistö 1997). Alikasvoskuusista mitattiin sijainti sekä rinnakorkeusläpimitta ja niistä valittiin 20 koeputa/koeala ”joka n:s puu”-menetelmällä. Koeputa mitattiin pituudet ja vuotuiset pituuskasvat jaksolla 1991 - 2001.

Käsittelyn vaikutus kuusten kasvuun

Männikön ensiharvennuksen yhteydessä tehty alikasvoksen harvennus joudutti 17 vuodessa kuusten keskipituuden kehitystä yli metrillä ja keskiläpimitan kehitystä yli senttimetrillä harventamattomaan alikasvokseen verrattuna. Ennen männikön toista harvennusta kuusten keskimääräinen pituuskasvu oli harvennetulla alikasvoksella 14 cm/v ja harventamattomalla 7 cm/v (kuva 4). Aikaisemmin harvennetun alikasvoksen pituuskasvu pysyi lähes ennallaan viiden vuoden ajan männikön toisen harvennuksen jälkeen lukuunottamatta urealannoitusta, jolla kasvu alkoi kiihtyä pian käsittelyn jälkeen. Kuudentena vuonna männikön harvennuksen jälkeen kuusten kasvu elpyi voimakkaasti.

Koko ajan harventamatta ja lannoittamatta kasvaneen alikasvoksen pituuskasvu ei lisääntynyt männikön toista harvennusta seuranneella 6-vuotisjaksolla. Lannoitettuna näiden kuusten kasvu elpyi hi-



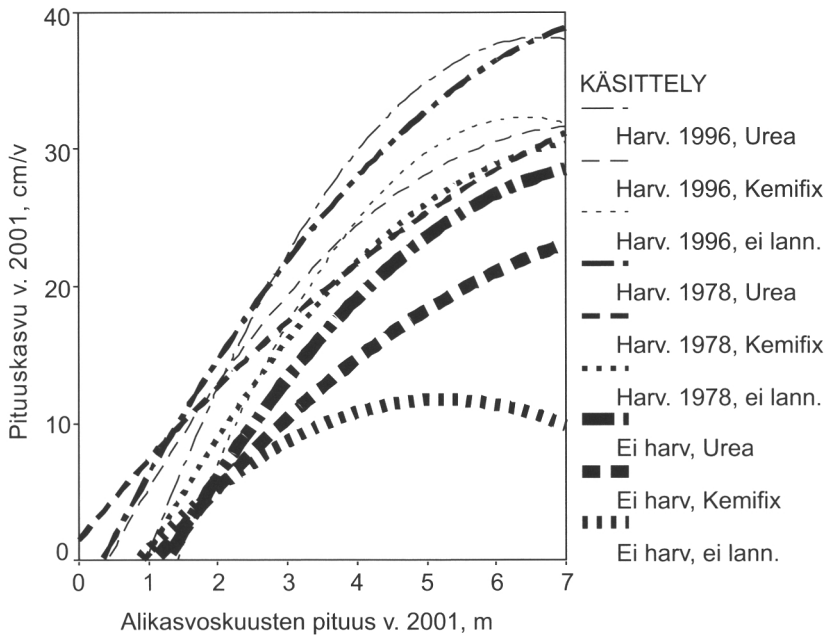
■ Kuva 4. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus alikasvoskoepuiden keskimääräiseen pituuskasvuun männikössä.

taasti mutta tasaisesti saavuttaen keskimäärin 5 cm lisäkasvun vuodessa.

Vuonna 1996 harvennetun alikasvoksen pituuskasvu alkoi elpyä heti käsittelyn jälkeen voimakkaasti lannoituksesta riippumatta ja saavutti viidessä vuodessa aikaisemmin harvennettujen kuusten kasvunopeuden. Lannoituksen vaikutus alkoi näkyä näiden kuusten pituuskasvussa kolmantena tai neljäntenä kasvukautena.

Kuvasta 5 nähdään, että kuusten pituuskasvu riippui voimakkaasti niiden pituudesta. Käsittelystä riippumatta alle 2

metrin pituisten alikasvoskuusten kasvu oli vähäistä vielä kuudentena kasvukautena. Suurempien taimien pituuskasvu elpyi muissa tapauksissa paitsi kokonaan harvennattomassa ja lannoittamattomassa kuusikossa. Harvennetun alikasvoksen valtaimmet saavuttivat Urealla lähes 40 cm:n ja Kemifixillä 30 cm vuotuisen pituuskasvun. Kummassakin lannoituskäsittelyssä harvennattoman kuusikon kasvu jäi noin 10 cm/v jälkeen harvennetusta alikasvoksesta.



■ Kuva 5. Alikasvoskoepuiden pituuskasvun riippuvuus puun pituudesta ja alikasvoksen käsittelystä.

Käsittelyn vaikutus kuusten läpimitan kasvuun oli muuten samanlainen kuin pituuskasvuun, mutta alikasvostiheikössä läpimitan kasvu oli suhteellisesti vielä pituuskasvuakin vaatimattomampaa. Männikön toisen harvennuksen yhteydessä vuonna 1996 harvennetun kuusialikasvoksen voimakas reaktio johtunee kasvulojen voimakkaan muutoksen lisäksi myös puuvallinnasta. Suuresta joukosta valittiin kasvatettavaksi elinvoimaisimmat kuuset, jotka olivat saman kokoisia kuin aikaisemmin harvennetuilla koealoilla kasvavat.

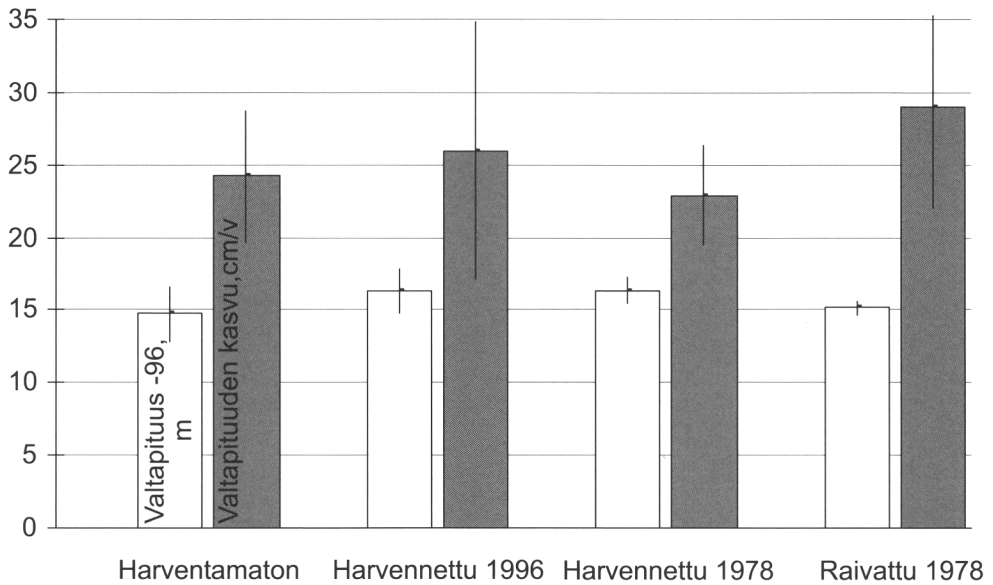
Vaikutus mäntyjakson kasvuun ja tuotokseen

Toisen harvennuksen yhteydessä tehty lannoitus vaikutti merkittävästi männikön kasvuun. Kuuden vuoden jakson keskimääräinen vuotuinen kasvu oli lannoittamattomilla koealoilla $5,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ ja vastaavat luvut Kemifix-lannoituksessa $6,4$ ja Urea-lannoituksessa $7,2$. Toistojen vähyys vuoksi alikasvoksen harvennuksen vaikutusta

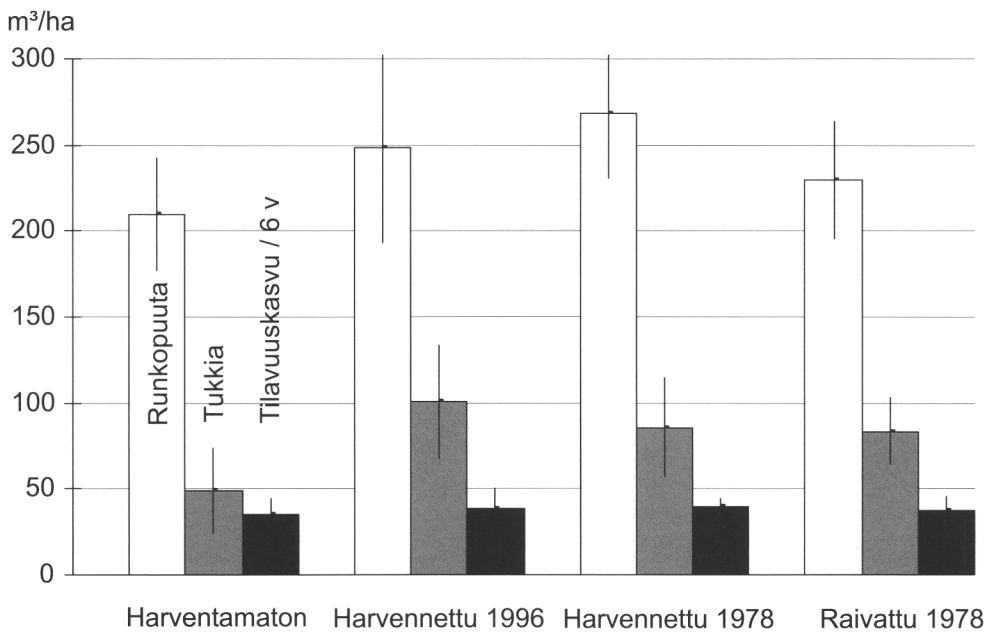
mäntyjen kasvuun jouduttiin tarkastelemaan lannoituksista välittämättä. Lannoitukset tosin sisältyvät tasapainoisesti eri vaihtoehtoihin, mutta mahdollinen yhdysvaikutus jäi toteamatta.

Männikön valtipituudessa vuonna 1996 ja valtipituuden kasvussa sen jälkeisellä 6-vuotisjakolla ei ollut alikasvoksen käsittelystä johtuvia eroja (kuva 6). Huomiota herättää kuitenkin se, että alunperin alikasvoksesta raivatuilla koealoilla valtipituus oli vielä vuonna 1996 keskimääräistä alempi, mutta sen jälkeen valtipituuden kasvu on ollut keskimääräistä nopeampi. Tulos viittaa siihen, että raivatut koealat osuivat ehkä keskimääräistä karummalle kasvupakalle, mutta alikasvos on saattanut ajan myötä heikentää kasvupaikan ominaisuuksia muissa vaihtoehtoissa.

Alikasvoksen käsittely ei vaikuttanut tässä kokeessa johdonmukaisesti runkopuun kokonaistuotokseen tai tukkipuun tuotokseen (kuva 7). Keskimääräistä alemmat tuotosluvut alikasvoksesta raivatuilla koealoilla johtuvat mahdollisesti karumasta kasvupaikasta. Hyvin tiheä alikasvos



■ Kuva 6. Alikasvoksen käsittelyn vaikutus mäntyjakson valtapiisuuden kehitykseen. Käsittelyt sisältävät tasapainoisesti eri lannoitusvaihtoehtoja. Pystyviivat kuvaavat koalojen välistä keskihajontaa.



■ Kuva 7. Alikasvoksen käsittelyn vaikutus mäntyjakson tuotokseen vuoteen 2002 mennessä ja tilavuuskasvuun 6-vuotisjaksolla 1996 - 2001. Käsittelyt sisältävät tasapainoisesti eri lannoitusvaihtoehtoja. Pystyviivat kuvaavat koalojen välistä keskihajontaa.

saattaa kuitenkin tulosten perusteella alen-
taa männikön kasvua ja tuotosta. Etenkin
mäntyjen järetyminen tukkipuuksi näyttää
hidastuneen. Isomäen (1979) tutkimukses-
sa hyvin tiheä alikasvoskuusikko vähensi
männikön tilavuuskasvua ja tukkipuun tuo-
tosta noin 1 m³/ha vuodessa ja hidasti pi-
tuuskasvua keskimäärin 6,5 cm vuodessa.
Alikasvoksen poikkeuksellisesta tiheydes-
tä, talvikkityypin kasvupaikasta ja koejär-
jestelystä johtuen Isomäki piti tulosta ääri-
esimerkkinä alikasvoksen negtiivisestä vai-
kutuksesta männikön kasvuun ja tuotok-
seen.

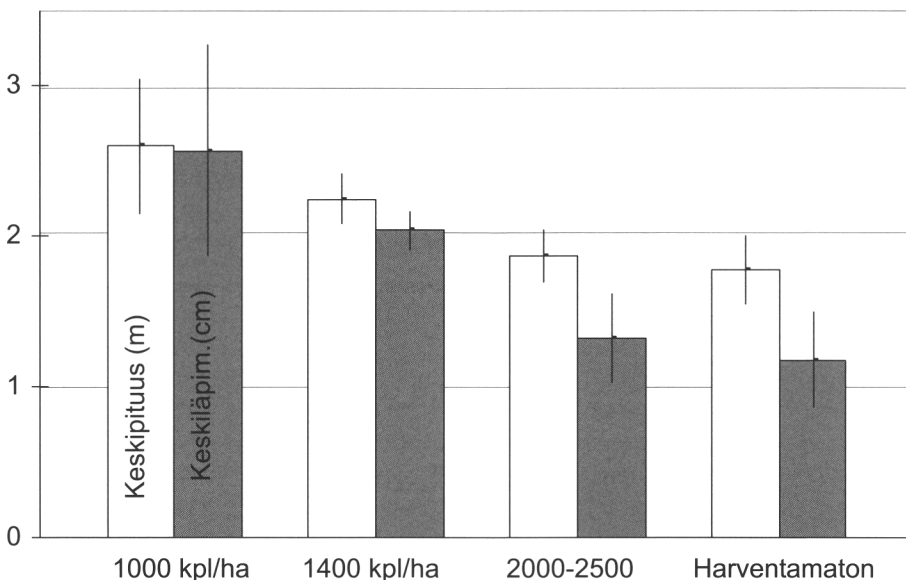
Koivikon käsittelyn vaikutus ali- kasvoskuusikon kehitykseen

Turvemaan hieskoivikot

Metsäntutkimuslaitos on perustanut Poh-
janmaalle useita pitkäaikaisia kokeita, jois-
sa tutkitaan samanaikaisesti turvemaiden
hieskoivikoiden harvennusvoimakkuuden

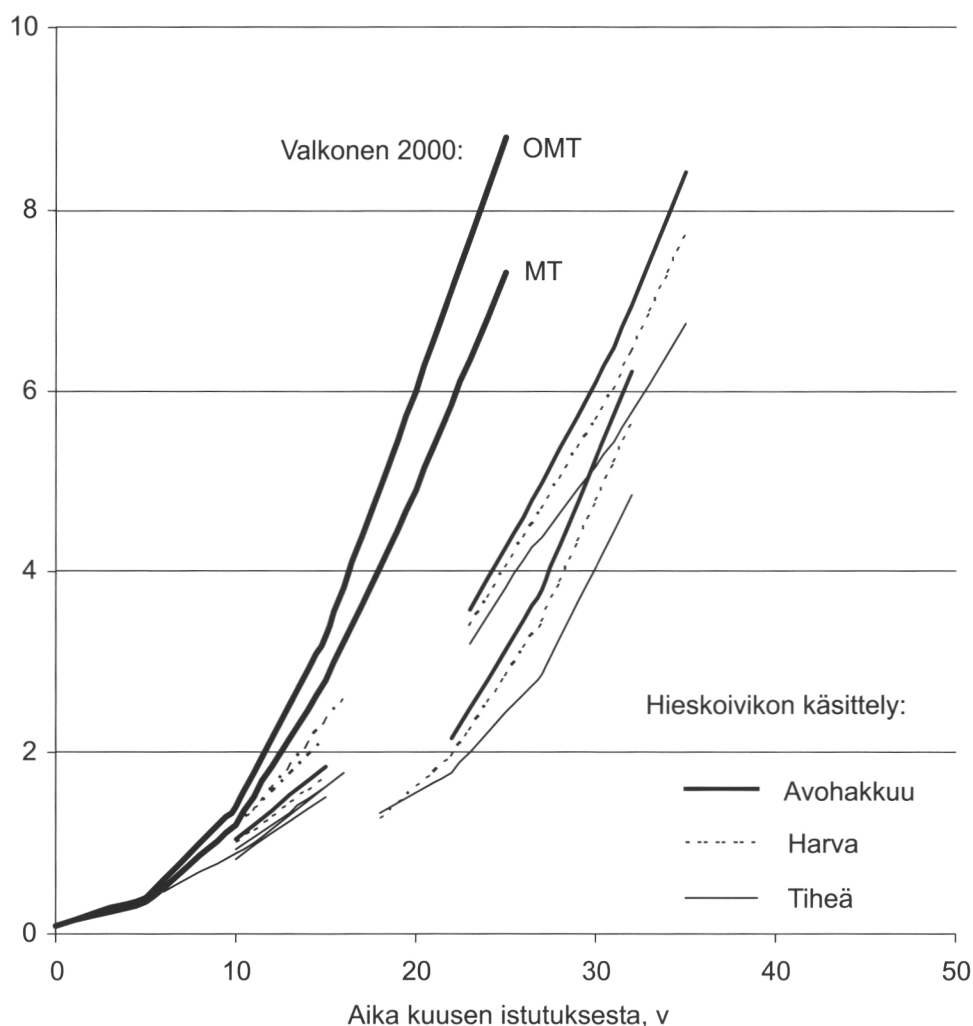
vaikutuksia koivun tuotokseen ja alikasvos-
kuusten kehitykseen (Niemi 1991 ja
1995). Kokeista on valmistella erillinen
julkaisu, joten tässä esitellään vain yleis-
piirteisiä tuloksia ja esimerkkinä käytetään
Kälviällä sijaitsevaa koetta. Kasvupaikka-
na on 1960-luvun lopulla ojitettu vanha jär-
venpohja. Suotyyppe oli koetta perustetta-
essa pallosararämemuuttuma. Turpeen pak-
suus oli 60 cm. Hyvin tiheä valtapituudel-
taan 10 - 12 metrin hieskoivikko harven-
nettiin vuonna 1986 tiheyksiin 1 000, 1 400,
2 000 ja 2 500 kpl/ha. Kontrollina oli har-
ventamaton koivikko. Samana vuonna koi-
vikon alle istutettiin kuusia 2 000 kpl/ha. Eri
käsittelyt toistettiin kokeessa neljästi. Tulok-
set perustuvat syksyn 2001 mittaukseen.

Esimerkkikokeessa hieskoivikon voi-
makas harvennus nopeutti kuusten keskipi-
tuuden kehitystä 70 - 80 cm 16 vuoden ku-
luessa istutuksesta verrattuna harventamat-
tomaan tai lievästi harvennettuun koivik-
koon (kuva 8). Koivikon käsittelyn vaiku-
tus kuusten keskiläpimittaan rinnankorkeu-
della oli suhteellisesti voimakkaampi kuin
pituuteen, joten kuuset olivat tiheässä koi-



■ Kuva 8. Alikasvoskuusten keskipituus ja keskiläpimitta 16 vuotta nuoren hieskoivikon harvennuksen ja kuusen istutuksen jälkeen. Pystyviivat kuvaavat koealojen välistä keskihajontaa.

Keskipituus, m



■ Kuva 9. Istutetun kuusialikasvoksen kehitys turvemaan hieskoivukokeissa Pohjanmaalla verrattuna vapaana kasvavien istutuskusten kasvuun mustikkatyyppin kankailla Etelä-Suomessa (Valkonen 2000).

vikossa selvästi hennompia kuin harvennussa. Koivikon lievä harvennus tiheyteen 2 000 - 2 500 kpl/ha ei edistänyt kuusten kasvua harventamattomaan verrattuna. Lähes kaikki istutuskuuset olivat elossa.

Kolmessa muussa kokeessa harvennettiin edellistä esimerkkiä varttuneempi hieskoivikko erilaisiin tiheyksiin ja kuuset istutettiin alikasvokseksi välittömästi harvennuksen jälkeen. Ensimmäisen viiden vuoden aikana istutuksesta kuusentaimien

pituuskasvu ei riippunut koivikon tiheydestä. Toisella 5-vuotisjaksolla erot ovat havaittavissa, mutta ne ovat pieniä (kuva 9).

Muissa kokeissa kuusentaimikkoa on peittänyt alkuvaiheessa yhtenäinen verho puusto. Niissä tutkittiin koivikon harvennustamisen ja päätehakkuun vaikutuksia 1 - 5 metrin pituisten alikasvoskuusten kehitykseen. Koivikon harvennusvoimakkuuden lisäys ja avohakkuu (alikasvoksen vapautus) jouduttivat selvästi ja johdonmukaisesti

kuusten kasvua tässä kehitysvaiheessa. Voimakkaasti harvennetuilla koealoilla kuuset olivat 15 vuoden kuluttua keskimäärin metrin pitempiä ja niiden pituuskasvu oli noin 1,5-kertainen verrattuna harventamattomiin koealoihin (kuva 9).

Alikasvoksen vapautuksen vaikutus oli lähes kaksinkertainen voimakkaaseen harvennukseen verrattuna. Vapautettujen kuusten pituuskasvu elpyi siten, että se vastasi samankokoisten vapaana kasvavien istutuskuusten kasvua mustikkatyypin kankeilla Etelä-Suomessa (Valkonen 1997). Voimakkaasti harvennetussa hieskoivikossa kuusten pituuskasvu ei jäänyt paljon tästä jälkeen. Hieskoivikoissa alikasvosasema aiheutti noin 10 vuoden viiveen istutuskuusten kehityksessä, mutta toisaalta koivikko on tuottanut samana aikana 35-60 kuutiometriä kuitupuuta ja uudistamisessa on säästetty maanmuokkauksen ja taimikonhoidon kustannuksia.

Varttuneemmissa kuusentaimikoissa vapautettujen kuusten keskipituus kasvoi viimeksi mitatulla 5-vuotiskaudella 40 - 50 cm vuodessa ja harvennetun koivikon alla vastaava kasvu oli 10 - 20 % pienempi. Hyvin tiheissä, yli 3 000 koivua hehtaarilla sisältäneissä koivikoissa kuusten pituuskasvu oli 16 - 18 cm/v. Nuoremmissa alikasvoskuusikoissa koivikon ylitiehyys ei ollut yhtä haitallista.

Hieskoivikon poistamisen tai harvennämisen vaikutus kuusentaimien läpimitan kehityksessä oli saman suuntainen mutta suhteellisesti suurempi kuin pituudessa. Yli 90 % istutetuista kuusentaimista pysyi elossa eikä koivikon tiheys vaikuttanut niiden elossaoloon. Tiheässä koivikossa kuusentaimet olivat selvästi hennompiä kuin harvan puuston alla, mutta kuusten vikaisuuteen koivikon tiheydellä ei ollut selvää vaikutusta. Moitteettomien taimien osuus oli 70 - 80 %. Yleisimpiä vikoja olivat latvanvaihdot ja niistä johtuva haaraisuus ja mutkaisuus. Kahdessa kokeessa oli kuusella esiintynyt hirvivaurioita, joissa latvakasvaimen menetys on aiheuttanut 1 - 2 vuoden taantumisen pituuskehityksessä. Turvemaan hieskoivikosta kerralla vapautetuissa kuu-

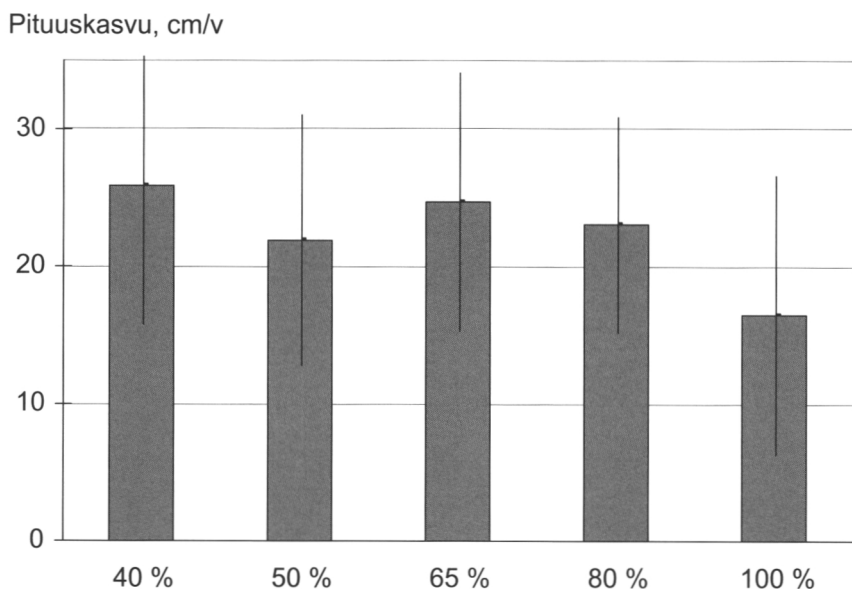
ssissa ei havaittu latvojen kuivumista eikä kasvun taantumista ja kuusten kasvu elpyi selvästi kolmannen kasvukauden jälkeen hakkuusta.

Kivennäismaan rauduskoivikot

Nuori, tiheä ja nopeasti kasvava rauduskoivikko haittaa alikasvoskuusten kasvua enemmän kuin vanha, hitaasti kasvava hieskoivikko (Cajander 1934, Saks & Moilanen 2000). Mielikäisen ja Valkosen (1995) tutkimuksessa kahdeksan metrin pituisena vapautetun kuusikon vuotuinen pituuskasvu oli 20 cm suurempi ja tilavuuskasvu 4,7 m³/ha suurempi verrattuna täystiheään 14 m pituisen rauduskoivikon alle jätettyyn alikasvoskuusikkoon. Koivikon voimakas harvennus (50 % ppa:sta) lisäsi alikasvoskuusikon vuotuista kasvua 3,0 m³/ha 15 vuoden jaksolla käsittelyn jälkeen. Varttuneessa hieskoivikossa (22 m) kolmimetrisen alikasvoskuusikon kasvu oli lähes sama harvennuksen ja vapautuksen jälkeen eikä kuusten kasvu harventamattomassakaan hieskoivikossa jäänyt paljon jälkeen.

Esimerkkinä rauduskoivikon ensiharvennuksen vaikutuksesta alikasvoskuusten kasvuun käytetään tässä Lammilla sijaitseva Metlan harvennuskoetta (Saari 2002). Istutetun MT-koivikon ensiharvennus vuonna 1990 tehtiin 14 metrin valtapituudessa siten, että puuston pohjapinta-ala oli harvennuksen jälkeen 50, 65, 80 ja 100 % harventamattomasta. Tiheä kuusialikasvos oli tulloon noin 1 metrin pituisia. Viisi vuotta myöhemmin neljästä harventamattomasta koealasta kaksi jäi edelleen harventamatta ja kahdelle jätettiin kasvamaan 40 % pohjapinta-alasta. Muut käsittelyt ovat kokeessa kolmena toistona. Vuonna 2000 kuusentaimikko harvennettiin kauttaaltaan tiheyteen 2 000 kpl/ha. Syksyllä 2001 mitattiin 30 pituuskasvukoepuuta jokaiselta koealalta.

Vuonna 1995 koepuiden pituus oli keskimäärin 1,5 m eikä koivikon harvennusvoimakkuuksien välille ollut vielä syntynyt eroja ensimmäisellä 5-vuotiskaudel-



Koivikon pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen, % harventamattomasta

■ Kuva 10. Kasvatettavien alikasvoskuusten (2 000 kpl/ha) keskimääräinen pituuskasvu toisella 5-vuotisjaksolla rauduskoivikon ensiharvennuksen jälkeen (harvennus 40 % tasolle tehtiin 5 vuotta muita harvennuksia myöhemmin). Pystyviivat kuvaavat koealojen välistä keskihajontaa.

la. Toisella jaksolla 1996 - 2000 kuusten pituuskasvu oli harventamattomassa koivikossa keskimäärin 17 cm/v ja harvennetuissa 22 - 26 cm/v (kuva 10). Harventamattomilla koealoilla kuusten pituuskasvu oli hitaampaa kuin harvennetuilla, mutta eri harvennuvoimakkuudet eivät poikenneet tilastollisesti merkittävästi toisistaan.

Alikasvoskuusikon tiheys vaihteli ennen vuoden 2 000 harvennusta välillä 2 000 - 20 000 kpl/ha. Tiheyden suhteen saatiin ylittäen sellainen tulos, että harvimmissa kuusentaimikoissa pituuskasvu oli ollut hitaampaa ja tiheimmällä koealalla nopeampaa kuin kokeessa keskimäärin. Selitys on siinä, että kuusten pituuskasvut korreloivat voimakkaasti niiden pituuden kanssa ja tiheästä kuusikosta löytyy kasvatettavaksi enemmän pitkiä ja hyväkasvuisia valtaimia kuin harvasta kuusikosta. Ilmeisesti niinkin tiheässä kuusikossa kuin 20 000 kpl/ha ei suurimpien, keskimäärin 4 metrin pituisten valtaimien pituuskasvu kärsinyt vielä ylitheydestä.

Kun kuusten pituus otettiin huomioon kovarianttina, kasvoivat alikasvoskuuset harventamattomassa koivikossa merkittävästi heikommin kuin harvennetussa, mutta eri harvennusvoimakkuuksien välillä ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja (Saari 2002). Syy harvennusvoimakkuuden vähäiseen vaikutukseen saattaa olla siinä, että rauduskoivujen oma harvennusreaktio on nopeampi ja voimakkaampi kuin hieskoivuilla (Niemistö 1995 ja 1997), joten alikasvoksen käyttöön vapautuvia kasvutekijöitäkin on vähemmän.

Tulosten tarkastelu

Koivikon tiheys vaikutti vain vähän pienikokoisten alikasvoskuusten kehitykseen. Myöhemmin, kun kuuset ylittivät kahden metrin pituusvaiheen, tiheä harventamaton koivikko hidasti selvästi kuusten kasvua verrattuna harvennettuun. Hieskoivikon voimakas harventaminen edisti alikasvos-

kuusten kasvua lievempiin harvennuksiin verrattuna, mutta erot olivat pieniä ja rauduskoivikossa tätä eroa ei havaittu. Kuusen istutus täysipuustoisten hieskoivikoiden alle onnistui erinomaisesti viljavilla turve- mailla.

Harvennusikäisen koivikon ja kuusialikasvoksen muodostamaa metsikköä kannattaa kasvattaa kaksijaksoisena mikäli kasvupaikka on sopiva molemmille puula- jeille (Valkonen & Valsta 2000, Valkonen 2000). Hieskoivikossa tukkipuun tuotos ja laatu jäävät selvästi rauduskoivua heikom- miksi (Niemi 1991, Verkasalo 1997), mikä vähentää koivikon kasvatuksen kan- nattavuutta. Kasvun varhaisen hiipumisen ja lahoriskin takia hieskoivut kannattaa myös poistaa aikaisemmin kuin vastaavat rauduskoivut.

Nuoren koivikon harventaminen on tärkeää, mutta käsittelyn voimakkuutta ei tarvitse lisätä alikasvoskuusten vuoksi ai- nakaan ennen kuin kuusi alkaa nousta samaan latvuskerrokseen koivujen kanssa. Kuusten varttuessaakaan hieskoivikoiden käsittelyn ei tarvitse poiketa normaalista, koska niiden taloudellinen kiertoaika päät- tyä aikaisin (Niemi 1998) ja hieskoivu on muutenkin heikompi kilpailija kuuselle kuin rauduskoivu (Cajander 1934, Mieli- käinen & Valkonen 1995). Toisaalta rau- duskoivikoille suositellaan voimakkaita harvennuksia ilman alikasvostakin (Nie- mistö 1997), joten ilmeisesti niissäkin riit- tää tilaa varttuville alikasvoskuusille.

Itse alikasvoskuusikko kannattaa kas- vattaa koivikossa varsin tiheänä ainakin viiden metrin valtapituuteen saakka. Tihe- ys ei vähentänyt valtataimien pituuskasvua ja taimikossa riittää särkymävaraa hakkui- ta varten. Vapautetuissa kuusissa esiintyi 5 - 10 vuotta hakkuun jälkeen enemmän vi- kaisuutta kuin vastaavissa alikasvoskuusis- sa. Syynä lienevät korjuuvauriot, joiden määrä riippuu poistettavan koivikon puu- määrästä. Niemi (1995) tutkimukses- sa hieskoivikon varovaisessa päätehak- kuussa tuhoutui 7 - 20 % ja vaurioitui alle 10 % alikasvoskuusista. Pääosa kuolleista

taimista oli ajourilla ja vaurioitumista ai- heutti eniten puiden siirtely. Metsurin te- kemässä hakkuussa syntyi vain vähän vau- rioita, kun latvukset suunnattiin kaadossa ajourille tai ojalinjoille.

Tutkimuksissa ei ole havaittu, että ali- kasvoskuusikko verottaisi oleellisesti koi- vikon tuotosta, mutta asia kaipaa vielä li- säselvitystä. Lannoituksen on havaittu li- säävän lähinnä kuusialikasvoksen kasvua, koivupäälyllyspuustoon sen vaikutus on vä- häinen (Saksa & Moilanen 2000).

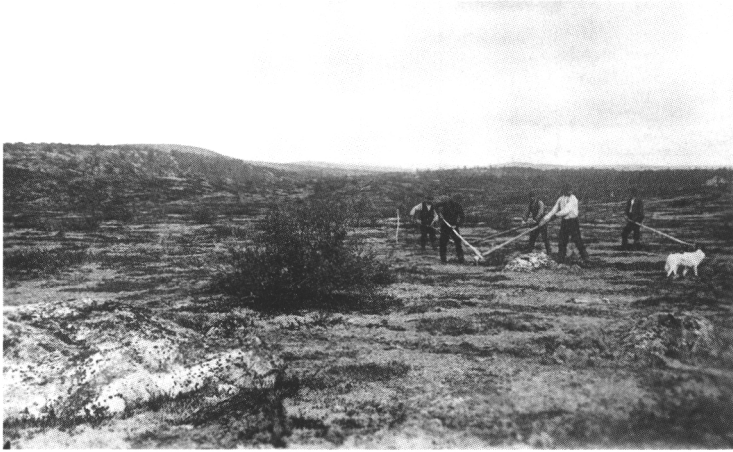
Männiköissä alikasvoskuusten kasvu näyttää alustavien tulosten perusteella rea- goivan harvennukseen hitaammin kuin koi- vikoissa. Kuusialikasvosten elpynyt kasvu myös taantuu männiköissä melko nopeas- ti, kun valtapuusto ottaa harvennuksessa vapautuneet kasvutekijät uudelleen käyt- töönsä. Tiheä alikasvoskuusikko näyttää myös haittaavan ylemmän mäntyjakson kehitystä enemmän kuin vastaavan koivu- jakson kehitystä.

Alikasvoskuusikon hyödyntämiseen on suhtauduttava harvennusmänniköissä varovaisemmin kuin koivikoissa. Näyttää todennäköiseltä, että kaksijaksoisen män- ty-kuusi sekametsän kasvatus onnistuu har- vemmin ja edellyttää molempien puujak- sojen intensiivisempää hoitoa verrattuna vastaavaan koivu-kuusi sekametsään. Näi- den alustavien tulosten varmentamiseksi Metsäntutkimuslaitos on perustamassa uu- sia harvennuskokeita, joissa tutkitaan sekä männikön että alikasvoskuusikon tiheyden vaikutuksia metsikön kasvuun ja tuotok- seen.

Kirjallisuus

- Cajander, E. 1934. Kuusen taimistojen vapautta- misen jälkeisestä pituuskasvusta. *Communica- tiones Instituti Forestalis Fenniae* 19(5). 59 s.
- Hynynen, J., Härkönen, K., Lilleberg, R., Mieli- käinen, K., Repola, J. & Siipilehto, J. 2002. Koivua Suomesta – koivuvarojen kehitys- näkymät. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedon- antoja* 840. 53 s.

- Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotoksen ja tuottoon. *Folia Forestalia* 392. 12 s.
- Kalela, E. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppä sekametsiköiden kehityksestä. *Acta Forestalia Fennica* 44(2). 206 s.
- Laitakari, E. 1935. Koivun juuristo. Summary: The root system of birch. *Acta Forestalia Fennica* 41(2). 216 s.
- Metsikkökokeiden maastotyöohjeet 1987. Metsänarvioimisen tutkimusosasto, Puuntuotoksen tutkimussuunta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. 237 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivuseka-metsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3). 82 s.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1995. Kaksijakoisen kuusi-koivu sekametsän kasvu. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(2):81–97.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvustiheys 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.
- 1995. Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon kehitykseen. Julkaisussa: Poikolainen, J. & Väärä, T. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552:87–103.
- 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotokseen. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/1997:439–454.
- 1998. Varttuneen hieskoivikon harventaminen ja kiertoaika Pohjois-Suomen turvemailla. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. Hieskoivun uudistamisvaihtoehdot ja alikasvosten hyödyntäminen. Metsäntutkimuspäivät Muhoksella 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 717:5–16.
- Priha, O. 1999. Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 731. 50 s.
- Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. *Acta Forestalia Fennica* 35(1). 235 s.
- Saari, J. 2002. Rauduskoivikon harvennusvoimakkuuden vaikutus kuusialikasvoksen pituuskehitykseen Lammilla. Opinnäyte metsätaloustieteiden tutkimusta varten. Hämeen ammattikorkeakoulu, Evo. 35 s.
- Saksa, T. & Moilanen, M. 2000 (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa – Varjosta valoon. Pihlaja-sarja nro 3. 123 s.
- Sirèn, G. 1950. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrowing spruce. *Acta Forestalia Fennica* 58(2). 90 s.
- Tahvanainen, M. 2001. Alikasvoksen ennakkoraivauksen vaikutukset koneellisessa harvennushakkuussa. *Työtehoseuran metsätiedote* 10. 4 s.
- Valkonen, S. 1997. Viljelykuusikoiden alkukehityksen malli. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 3/1997:321–347.
- 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi-koivusekataimikko. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 763. 83 s.
- & Valsta, L. 2000. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management*.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 632. 483 s.
- Vuokila, Y. 1977. Puolukkatyyppi kuusen kasvu- paikkana. Summary: *Vaccinium* type as a spruce site. *Folia Forestalia* 324. 14 s.



■ Männyn kylvöä metsärajan pohjoispuolella Utsjoen hoitoalueella, Harrisuvannon Kuolpunassa. Siemen peräisin Tuomarniemeltä. Tuomarniemi oli siemenen toimittajana mukana metsärajatutkimuksessa jo 1910-luvulla. Kyseinen kylvö johti alueen metsitymiseen. Kuva Yrjö Ilvessalon kokoelmasta. Kuvaaja: Torsten Rancken.



■ Oppilaita kokoamassa hiilimiilua. Kuva Liisa ja Samuli Taimiston kokoelmasta.



■ Tuomarniemen metsäkoulun työnjohtaja Jussi Taimisto hoitamassa Ilmatieteen laitoksen sääasemaa, joka sijaitsi Tuomarniemellä. Kuva Liisa ja Samuli Taimiston kokoelmasta.



■ Vilppulan Jaakkolansuolla Metsäntutkimuslaitoksen ojituskokeisiin tutustumassa. Koekenttää esittelemässä metsäinsinööri Kalevi Louho Metlan Vilppulan tutkimusalueesta. Kuuntelemassa edessä mm. Jukka Mattila, mh Pauli Teivaanmäki, Jukka Huovinen, Kari Valkama, Esko Repola, Erkki Niskanen, Kaarlo Aikio ja Kari Alapiha. Takana vas. mm Pertti Nevalainen, Matti Tikkanen, Reijo Antikainen ja Teuvo Anttonen. Kuva Hannu Latvajärvi.

Männyn uudistaminen luontaisesti ja kylvään

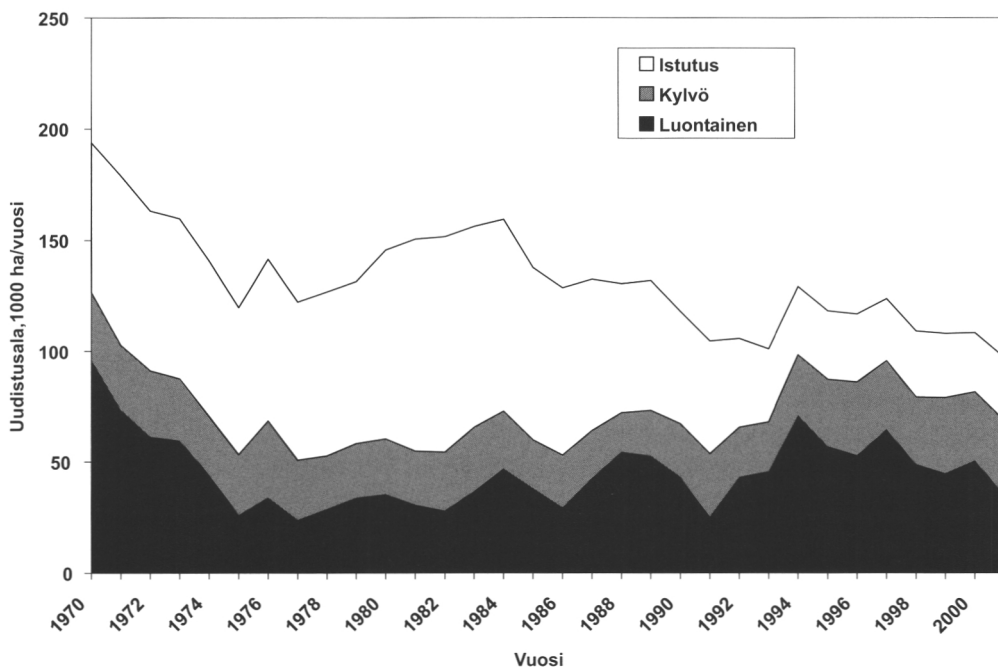
*Kaarlo Kinnunen
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema*

Taustaa

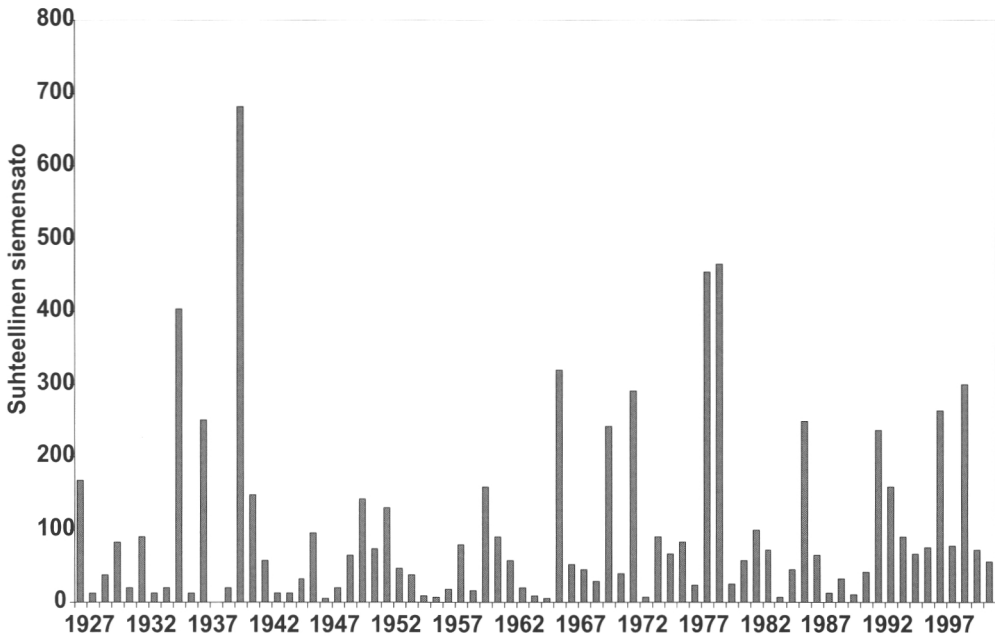
Sata vuotta sitten harsinta oli vallitseva metsänkätömenetelmä. Metsänviljelyä, ja siemenpuumenetelmää luontaisessa uudistamisessa käytettiin vain vähän, pääosin valtion ja yhtiöiden mailla. Ensimmäiset viittaukset mahdollisista hankikylvöistä Tuomarniemen hoitoalueessa löytyvät vuosilta 1906 ja 1907 ja vuodesta 1913 lähtien niitä tehtiin varsin runsaasti (Borg 1936). Tänä päivänä hankikylvöä ei enää käytetä, mutta tietyllä tapaa kylvössä on palattu historiassa taaksepäin, kun konekylvön yleistyessä on palattu takaisin hajakylvöön.

Menetelmät ovat tietenkin täysin muuttuneet niin maanmuokkauksen kuin kylvömenetelmienkin osalta, mutta hämmästyttävän paljon yhtäläisyyksiäkin on löydettävissä nykyisten ja lähes sata vuotta vanhojen kylvötulosten välillä.

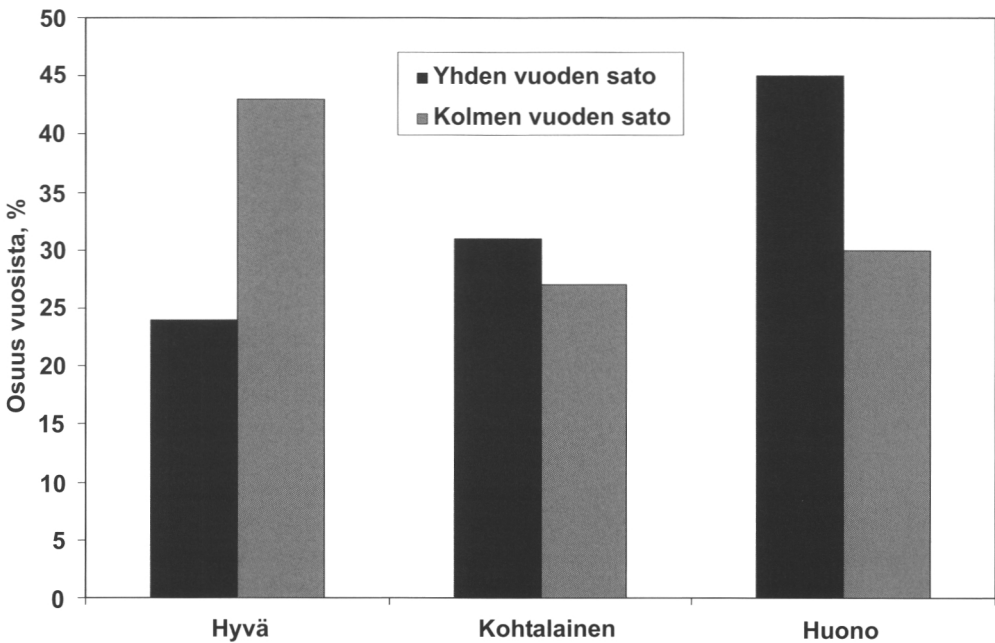
Luontaisen uudistamisen ja kylvön osuus männyn uudistusalaista oli korkeimmillaan 1960-luvulla. Tämän jälkeen istutusala kasvoi voimakkaasti, ja 1980-luvulla se oli suurempi kuin kylvön ja luontaisen uudistamisen ala yhteensä (kuva 1). 1990-luvulla männyn istutusala supistui voimakkaasti, kun taas luontaisen uudistamisen ja kylvön osuus kasvoi. Viime vuosina mäntyä on uudistettu eniten luontaisesti, kylvö on ollut toisella sijalla ja istutusala on jäänyt pienimmäksi. Vuonna 2001 eri uudistamismenetelmien osuudet olivat hyvin lähellä toisiaan.



■ Kuva 1. Männyn uudistamismenetelmien yleisyys Suomessa 1970 - 2001. Luontainen uudistaminen sisältää myös muut puulajit. Lähde: Metsätilastollinen vuosikirja 2002.



■ Kuva 2. Suhteellinen siemensato vuosina 1927 - 2001 (keskiarvo on 100). Yhdistetty Heikinheimon (1948) ja Metsäntutkimuslaitoksen siemenkeräysmetsiköiden aineistoista.



■ Kuva 3. Hyvien, kohtalaisten ja huonojen siemenvuosien osuus vuosina 1927 - 2001. Hyvä = yli 100 %, kohtalainen = 50 - 100 % ja huono = alle 50 prosenttia keskimääräisestä sadosta.

Luontaisen uudistamisen ja kylvön onnistumisessa on usein todettu enemmän vaihtelua kuin istutuksessa (esim. Kalland 2002, Saksa ym. 2002). Syynä on monesti pidetty väärää kohdevalintaa ja puutteellista toteutusta varsinkin luontaisessa uudistamisessa. Seuraavassa tarkastellaan eräitä perustekijöitä, jotka kylvön ja luontaisen uudistamisen toteutuksessa tulisi ottaa huomioon.

Luontaisen uudistamisen onnistumiseen vaikuttavat tekijät

Luontaisen uudistamisen menetelmät ovat pysyneet kauan periaatteeltaan samanlaisina. Oikeaoppisesti siihen kuuluu ensin väljennyshakkuu noin 200 - 300 rungon tiheyteen ja vasta tämän jälkeen hakkuu siemenpuuasentoon, jossa jätetään 50 - 100 siemenpuuta hehtaarille. Maanmuokkauksen tehostuminen on vaikuttanut siihen, että nykyään väljennyshakkuuvaihe jätetään usein pois ja siirrytään suoraan siemenpuuhakkuuseen. Hyvinä siemenvuosina luontaista uudistamista voidaan soveltaa vapaammin, mutta huonoina siemenvuosina puolestaan hyväkään toteutus ei takaa uudistamisen onnistumista.

Siemensatojen vuotuinen vaihtelu

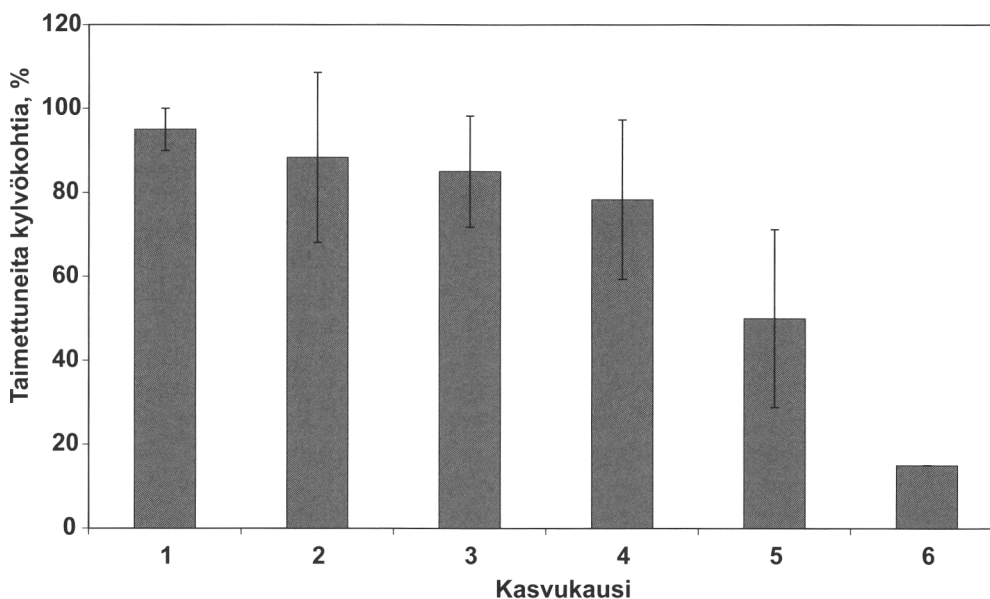
Vaikka Etelä-Suomessa itävää männyn siementä saadaan jonkin verran lähes joka vuosi, se ei läheskään kaikkina vuosina riitä tyydyttävään taimettumiseen (kuva 2). Lähes kiertoajan mittaisen jakson aikana melkein puolet siemenvuosista oli huonoja (alle 50 % keskimääräisestä), vajaa kolmasosa kohtalaisia (50 - 100 %) ja noin joka neljäs hyviä (yli 100 % keskimääräisestä sadosta) (kuva 3). Luontaisen uudistamisen luonteeseen kuuluu, että siemeniä saadaan useampana vuonna, joten siemensatoja tarkasteltiin myös kolmen vuoden jaksoissa. Tällöin hyvien siemensatojen osuus lisääntyi 43 prosenttiin ja huonojen osuus jäi 30 prosenttiin. Ainakin nämä huonot vuodet ovat sellaisia, jolloin luontaista uu-

distamista tulisi välttää. Männyn siemenen pitkän kehitysajan johdosta siemensadot pystytään varsin hyvin ennakoimaan jopa kolmen seuraavan sadon osalta, joten luontaista uudistamista voidaan keskittää hyviin siemenvuosiin.

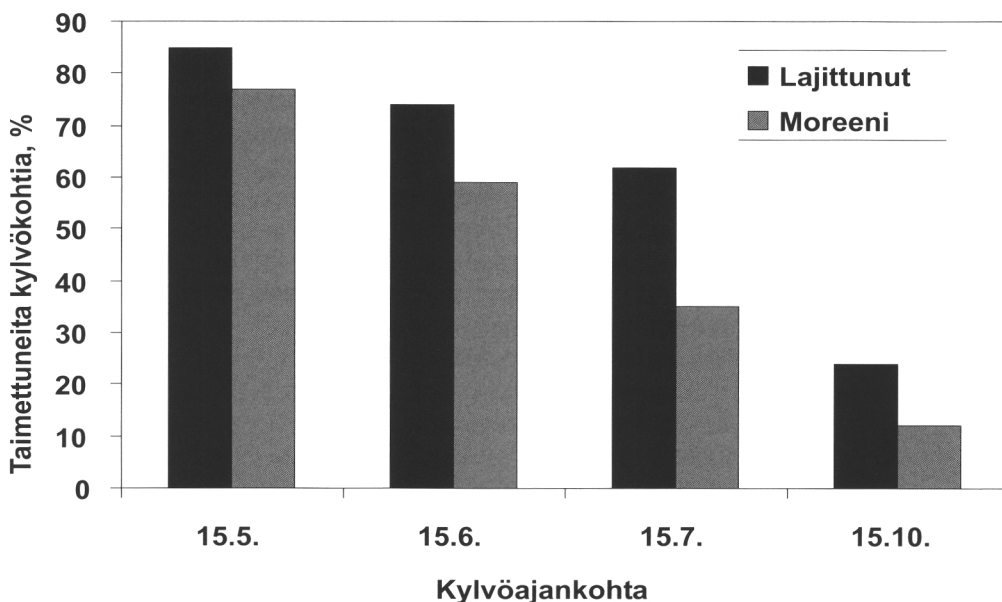
Väljennyshakkuu lisää puukohtaista siemensatoa ja pienentää siemenvuosien välistä vaihtelua (Heikinheimo 1937). Sama koskee myös siemenpuuta, mutta uudistamisessa on otettava huomioon, että harva kasvatusasento alkaa vaikuttaa aikaisintaan neljä kasvukautta hakkuun jälkeen. Taimettumisen odotteluun ei ole varaa, koska pintakasvillisuuden kilpailu lisääntyy eikä siemenpuuston kasvu pysty kompensoimaan uudistumisen viivästyimestä aiheutuvaa kustannusta (Niemistö ym. 1993). Väljennysasennossa sen sijaan puuston arvokasvu säilyy hyvänä.

Muokkausjäljen taimettumiskyvyn säilyminen

Muokkausjäljessä taimettuminen on moninkertainen muokkaamattomaan pintaan verrattuna, joten tehokkaalla muokkauksella voidaan jonkin verran kompensoida siemensadon niukkuutta. Koska männyn luontaista uudistamista suositellaan karuhkoille kasvupaikoille, muokkaukseksi riittää yleensä kivennäismaan paljastaminen. Muokkausjäljen taimettumiskyvyn säilymistä kuivahkolla kankaalla tutkittiin kaudella uudistusalalla Karvian kunnassa vuosina 1998 - 2000. Muokkausjäljen taimettumiskyky säilyi hyvänä neljä vuotta muokkauksen jälkeen (kuva 4). Uudistusalojen välinen vaihtelu kuitenkin kasvoi selvästi heti toisena kasvukautena. Pyrkimyksenä tulisivin aina olla mahdollisimman nopea uudistuminen, koska pelkkä taimettuminen ei riitä, vaan taimien tulisi lisäksi saada mahdollisimman hyvä etumatka kilpailemaan kasvillisuuteen nähden.



■ Kuva 4. Taimellisten kylvökohtien osuus ensimmäisen kasvukauden jälkeen, kun kylvö tehtiin eri kasvukausina muokkauksen jälkeen. 1= heti muokkauksen jälkeen, 2 = toisen kasvukauden alussa jne. Uudistusalojen lukumäärä kasvukausina 1 - 4 oli kolme, viidentenä kasvukautena kaksi ja kuudentena yksi.



■ Kuva 5. Kylvöajankohdan vaikutus kylvön onnistumiseen lajittuneella ja moreenimaalla. Laskettu Kinnusen (1992) aineistosta. Tulos ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

Kylvön onnistumiseen vaikuttavat tekijät

Kylvöajankohta

Männyllä kevät on osoittautunut parhaaksi kylvöajankohdaksi (Kinnunen 1992). Suotuisa kylvöajankohta vaihtelee kasvukauden sääolojen mukaan, mutta keskimäärin paras tulos saatiin toukokuussa (kuva 5). Jo kesäkuussa saatiin huonompi tulos ja heinäkuu oli edelleen selvästi epävarmempi. Elo-syyskuu on yleensä todettu huonommaksi kylvöajankohdaksi, koska tänä aikana syntyneet taimet ovat arassa kehitysvaiheessa ensimmäisen talven aikana (Kaunisto 1974). Myös myöhäinen syyskylvö onnistuu huonosti (Kinnunen 1996).

Maanmuokkaus ja kylvökohdan pienkäsittely

Kylvöön soveltuvat samat muokkausmenetelmät kuin luontaiseen uudistamiseen. Kivennäismaan paljastaminen on yleensä riittävä ja suositeltava toimenpide kylvöalustaksi. Erilaisilla pienmuokkauksilla, vaoilalla tai painaumilla sekä siemenen peittämisellä ohuen maakerroksen alle taimettumista voidaan edistää etenkin huonoissa itämisolioissa (Kinnunen 2002). Erityisesti kuivuus heikentää peittämättömien siementen itämistä.

Kylvömenetelmä

Muokauskoneisiin liitettyjen kylvölaitteiden myötä uudistamisessa on siirrytty entistä enemmän suunnattuun hajakylvöön. Konekylvössä tarvitaan enemmän siemeniä samaan taimimäärään pääsemiseksi kuin käsinkylvössä (Kinnunen 2002). Koneellistaminen puolestaan vähentää työkustannuksia, joten kokonaiskustannukset käsin- ja konekylvössä ovat samaa suuruusluokkaa. Useiden konekylvöinventointien keskiarvotulokseksi saatiin suunnilleen sama määrä

kasvatuskelpoisia taimia kuin aiemmin käsinkylvöistä tehdyissä inventoinneissa (Kinnunen 2003). Koska aiemmissa inventoinneissa oli mukana muokkaamattomia aloja, voidaan päätellä, että käsinkylvöllä päästään parempaan tulokseen kuin konekylvöllä, jos molemmissa käytetään samoja muokkausmenetelmiä ja saman verran siemeniä.

Johtopäätökset

Luontainen uudistaminen ja kylvö soveltuvat samanlaisille kasvupaikoille, joten niitä olisi syytä käyttää rinnakkain suositella kylvöä huonojen siemensatojen aikana ja luontaista uudistamista kun on odotettavissa hyviä siemenvuosia. Muokkaus tulisi ajoittaa välittömästi ennen hyvää siemensatoa, mutta kahden seuraavankin vuoden ennuste on syytä ottaa huomioon.

Vaikka muokkausjälki säilyttää taimettumiskykynsä 3 - 5 vuotta, ei odotettu ole varaa. Jokainen menetetty vuosi heikentää luontaisen uudistamisen kilpailukykyä viljelyyn verrattuna. Mitä pikemmin taimettuminen tapahtuu sitä paremmin taimet selviävät myös kilpailussa pintakasvillisuuden kanssa.

Neljäsosa vuosista on sellaisia, että siemensato on hyvä heti ensimmäisenä muokkauksen jälkeisenä vuonna. Kolmasosalla vuosista puolestaan kolmen muokkauksen seuraavan vuoden siemensato jää huonoksi. Luontainen uudistaminen onnistuisi selvästi aikaisempaa paremmin, jos sitä vältettäisiin näinä huonoimpina siemensatojaksoina. Tästä huolimatta luontaista uudistamista voitaisiin edelleen käyttää kahdella kolmasosalla uudistamisvuosista. Kun uudistamiseen valmistaudutaan väljennyksellä, siemenpuuhakkuun ajoittaminen siemenvuosien mukaan ei ole yhtä välttämätöntä.

Kirjallisuus

- Borg, L.E.T., 1936. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa v. 1913 - 1930. *Silva Fennica* 38. 136 s.
- Heikinheimo, O. 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(4). 67 s.
- Heikinheimo, O. 1948. Metsäpuiden siementämiskyvystä III. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(3). 15 s.
- Kalland, F., 2002. Metsänuudistamisen laadun hallinta. Kokemuksia teollisuuden metsistä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2002(1):35–41.
- Kaunisto, S., 1974. Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. *Folia Forestalia* 203. 28 s.
- Kinnunen, K., 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. *Folia Forestalia* 785. 45 s.
- Kinnunen, K., 1996. Kevät- ja syyskylvön onnistuminen eri puulajeilla. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). 1996. Metsäntutkimuspäivä Porissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 593:4–9.
- Kinnunen, K., 2003. Konekylvön käyttökelpoisuus männyn uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2003(1):69–72.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2002, 2002. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2002:45. 378 s.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. ja Isomäki, A., 1993. Mäntysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. *Folia Forestalia* 826. 26 s.
- Saksa, T., Särkkä-Pakkala, K. ja Smolander, H., 2002. Työkalu metsänuudistamisen laatu-työhön. *Metsätieteen aikakauskirja* 2002 (1):29–34.

Luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla

*Markku Saarinen
Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema*

Metsänuudistamisen uusi toimintaympäristö

Vuonna 1928 säädetyin metsänparannuslain seurauksena alkoi maassamme runsaan vuosikymmenen kestänyt ensimmäinen metsäojituksen aikakausi. Sotien syttyminen keskeytti tuon lapio- ja ojapiilumiesten urakoinnin lähes yhtä pitkäksi ajaksi. Lihasvoimin ehdittiin kuitenkin kuivattaa suota peräti 700 000 ha. Huomattava osa kyseisistä ojitusalueista on nyt saavuttamassa 70 vuoden kuivatusiän. Jo kuivatushetkellä puustoisina soina ne ovat nyt ehtineet uudistamisvaiheeseen tai se on edessä viimeistään lähimmän vuosikymmenen aikana.

Uudistuskypsien metsiköiden lisääntyminen ojitusalueilla edellyttää turvemaiden kasvupaikkojen erityispiirteiden tuntemusta myös metsänuudistamisen näkökulmasta. Asiantuntemusta tarvitaan sekä kangasmaametsissä käytettyjen menetelmien soveltamisessa, että uusien pelkästään ojitusalueiden oloihin tarkoitettujen uudistamismenetelmien kehittämisessä. Seuraavassa käsitellään tärkeimpiä kasvupaikkojen erityispiirteitä, jotka vaikuttavat ojitusaluemetsien luontaiseen taimettumiseen.

Ojitusalueen pintakasvillisuus ja taimettuminen

Soiden kuivatuksen jälkeen tapahtuva kasvillisuuden kehitys tunnetaan melko hyvin. Riittävän tehokkaan kuivatuksen vaikutuksesta korkealla olleeseen pohjaveteen sopeutunut ja turvetta tuottanut suokasvillisuus vaihtuu vähitellen kangasmaille ominaiseksi kasvilajistoksi (Sarasto 1957,

1961a, 1961b, Kuusipalo & Vuorinen 1981, Pienimäki 1982, Reinikainen 1984, Laine ym. 1995). Kuivatuksen myötä ojitusalueiden pohjakerroksen kasvillisuus monipuolistuu tilapäisesti lajiston vaihdellessa luonnontilaisen suon relikteistä kangasmaille tyypilliseen kasvillisuuteen (Vasander 1987, Vasander ym. 1993). Ojaverkoston rappeutuessa kasvillisuussuksessio kuitenkin osittain pysähtyy tai kääntyy takaisin kohti luonnontilaisten soiden kasvillisuutta. Vanhoille ojitusalueille onkin tyypillistä erisuuntaisten suknessiovaiheiden luoma pintakasvillisuuden monimuotoisuus, joka voi aiheuttaa runsaasti vaihtelua eri uudistamiskohteiden taimettumisherkkyudessa (Saarinen 1997, Saarinen & Hotanen 2000). Luontaisessa uudistamisessa onkin tärkeää huomioida ojitusalueiden kasvillisuussuksessio erilaisten "taimettumispintojen" luojana.

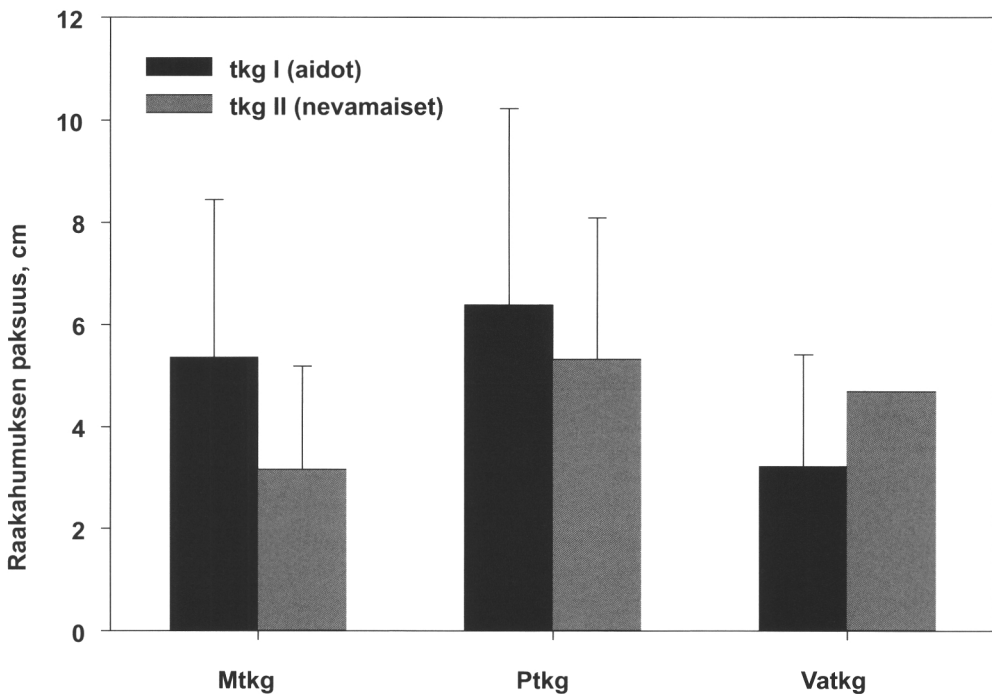
Paksut seinä-, kerros- ja karhunsammalkasvustot on jo vanhastaan tunnettu ojitusalueiden ongelmallisimpina taimettumispintoina. Haitan on katsottu liittyvän sammalten kasvutapaan ja -voimakkuuteen, ei niinkään sammalajiin sinällään. Ainoastaan kerrossammal ja korven karhunsammal lienevät lajeja, joilla on itse lajina taimettumista haittaava ominaisuus (Sarasto & Seppälä 1964). Rahkasammalet puolestaan tarjoavat useimmissa tapauksissa otollisen itämisalustan puiden siemenille (Place 1955, Heinselman 1957, Sarasto & Seppälä 1964, Johnston 1977, Wood & Jeglum 1984, Groot & Adams 1994). Rahkasammalkasvustojen välillä esiintyy kuitenkin runsaasti vaihtelua, eikä rahkasammalten esiintyminen aina takaa riittävää taimettumista. Osittain tämä voi johtua liiasta kosteudesta, mutta myös rahkasammalkasvustojen erilainen syntyhistoria vaikuttanee asiaan. Ojien tukkeutuessa alkava "uudelleen soistuminen" synnyttää turvekangasvaiheen aikana kehittyneen raakahumuskerroksen päälle uutta rahkasammal pintaa.

Kapillaarisen pohjavesikontaktin ja kosteusolojen suhteen se ei ole enää rinnastettavissa turvekangasastetta edeltäneeseen ”alkuperäiseen” rakkasammalkasvustoon (Saarinen 2002).

Ojitusalueilla esiintyy myös taimettumista haittaavaa kenttäkerroksen lajistoa. Tällaisia ovat mm. karuimpien kasvupaikkojen tupasvilla ja pallosara (Sarasto 1963, Sarasto & Seppälä 1964, Saarinen 1997, Saarinen 2002). Kenttäkerroksen kasvillisuus voi vaikuttaa taimien syntyyn ja kasvuun myös allelopaattisesti eli erittämällä kasvuympäristöön taimien syntymisen ehkäiseviä kemiallisia yhdisteitä (Zackrisson ja Nilsson 1989). Saraston (1964b) tekemät kokeet rämemuuttumilla ja varputurvekankaalla osoittivat männyn kylvötaimia syntyvän varvuttomille kylvöpinnoille yli kaksinkertaisesti verrattuna vaivaiskoivua, juolukkaa ja suopursua kasvaviin pintoihin. Hytönen (1992) on kasvihuonekokeissaan todennut juolukan, suopursun ja variksen-

marjan vesiutosten ehkäisevän koivun ja männyn taimettumista ainakin voimakkaimmilla uutoksilla.

Viljavien korpiojitusalueiden voimakkaat kasvillisuusmuutokset hakkuiden jälkeen on tunnettu jo 1940-luvulla. Lukkala (1946) laati tuolloin tarkan kuvauksen korpikuusikoiden luontaisen uudistamisen menetelmästä, jossa puuston vähittäisen väljennyksen avulla ehkäistiin kenttäkerroksen kasvillisuuden runsastumisesta aiheutuva haitta taimettumiselle. Viljavien korpikuusikoiden avohakkuun jälkeen nopeasti kehittyvät vadelma-, maitohorsma-, pelto-ohdake- ja mesiangervokasvustot peittävät uudistusalan täysin viiden ensimmäisen kasvukauden aikana. Sen sijaan suojuspuuston alla näiden lajien osuus kenttäkerroksen kokonaispeittävydestä jää alle puoleen (Hannerz & Hänell 1993, 1997). Jo kahden vuoden kuluttua hakkuista voi valtaosa muokkausjäljistä peittyä karhunammalkasvustoihin (Moilanen ym. 1994).



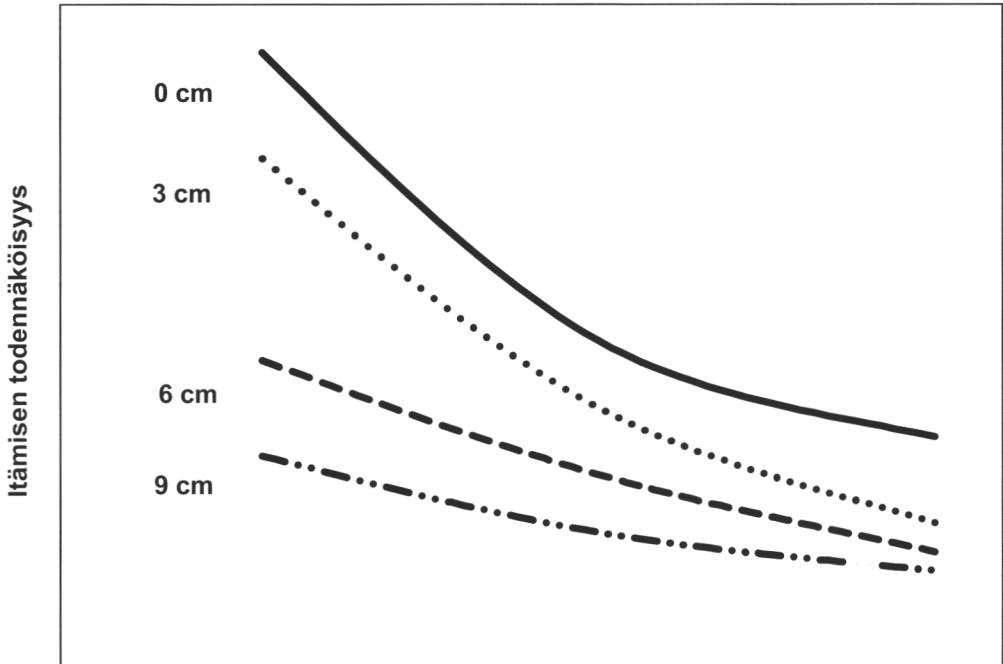
■ Kuva 1. Raakahumuksen paksuuden vaihtelu mustikka (Mtkg)-, puolukka (Ptkg)- ja varputurvekankailla (Vatkg) (Saarinen & Hotanen 2000).

Pohjaveden ja raakahumuksen vaikutus taimettumispinnan kosteuteen

Luonnontilaisilla soilla puiden ja aluskasvillisuuden karikkeet hautautuvat nopeasti kasvavaan rahkasammalkasvustoon ja pintaturvekerrokseen. Tilanne muuttuu, kun suo ojitetaan, suokasvillisuus häviää ja turvekerrostuman kasvu loppuu. Biomassatuotoksen painopiste siirtyy sammal- ja varpukasvillisuudesta puustoon, joka tuottaa yhä runsaammin kariketta. Lisääntyvä maanpäällinen karikesato kerrostuu kasvunsa lopettaneen turvekerroksen pinnalle (Kaunisto 1984, Vasander 1987, Saarinen & Hotanen 2000). Näin syntyvän löyhän raakahumuskerroksen esiintyminen riippuu erityisesti rahkasammal- ja turvekangaspintojen vaihtelusta, ts. kasvillisuuskehityksen aiheuttamasta vaihtelusta. Paksuimmat raa-

kahumuskerrokset esiintyvät seinäsammal-pintaisilla puolukkaturvekankailla (kuva 1). Raakahumus katkaisee kapillaarisen kontaktin pohjaveteen aiheuttaen karikekerrostuman pintaosan kuivumisen. Pohjavesipinnan etäisyyden vaikutus itämispinnan kosteuteen on sitä heikompi mitä paksumpi on raakahumuskerros (kuva 2).

Pohjavesipinnan etäisyyden ja taimettumisen välinen riippuvuus heikkenee, mikäli itämialusta saa riittävästi sadetta. Sateettomien sääjaksojen aikana kasvualustan kosteus on pohjaveden varassa. Tällöin pohjaveden kohoaminen lisää siementen itämistä voimakkaasti (Saarinen 1993, 1997). Liian korkealla oleva pohjavesi (alle 10 cm) on puolestaan sirkkataimien juurtumisen ja varhaiskehityksen kannalta epäedullinen (Kaunisto 1971, Mannerkoski 1971). Hieskoivun taimettuminen riippuu mäntyä ja kuusta vähemmän pohjavesita-



Etäisyys pohjavesipintaan

■ Kuva 2. Kasvihuonekokeeseen perustuva teoreettinen kuvaus raakahumuskerroksen paksuuden (0, 3, 6 ja 9 cm) ja pohjavesipinnan etäisyyden yhdysvaikutuksesta männyn siementen itämistodennäköisyyteen (Saarinen 1997).

son syvyydestä (Paavilainen 1970). Maanpintaa lähellä olevan pohjavesipinnan epäedullinen vaikutus ilmenee erityisesti paljastetulla mutta muokkaamattomalla turpeella (esim. kaivurilaikku), johon on suora pohjaveden kapillaarinen yhteys (Kaunisto 1971). Turpeen muokkaus vastaavasti vähentää itämislustan kapillaarista kosteutta vähäsateisten ja kuivien sääjaksojen aikana (Groot & Adams 1994). Lahoamattomasta karikkeesta muodostuneen sammalpeitteetön raakahumuskerroksen taimettuminen riippuu kerroksen paksuuden ja kosteuden lisäksi myös karikemassan ominaisuuksista. Runsaas lehtikarikkeen määrä tukahduttaa sirkkataimia, mutta toisaalta estää myös sammalien kasvua ja siten parantaa maan taimettumisherkkyttä (Hertz 1932).

Mätästys luontaisen uudistumisen edistäjänä

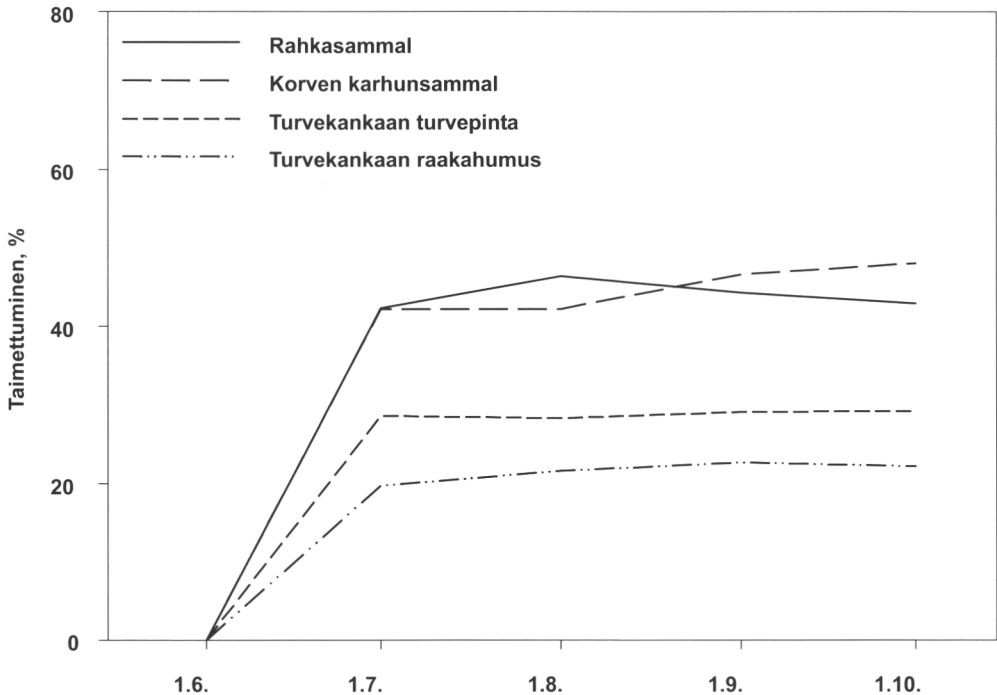
Ensimmäisenä varsinaisesti vanhoille ojitusalueille tarkoitettuna maanparannus- ja uudistamismenetelmänä voitaneen pitää Huikarin ns. H-kulttuuria (Huikari 1972). Sen perusajatuksena oli vesi- ja ravinnetalouden optimointi ja hyvät kulkuyhteydet ojitusalueella. Tiheä ojitus (sarkaleveys 6–10 m), pintakasvillisuuden ja kantojen poisto, mätästys sekä sarkojen keskelle jätettävät kulku-urat olivat menetelmiä, joilla pyrittiin mainittuihin tavoitteisiin. Luonnontaimia syntyi kaikissa kokeissa erittäin runsaasti ja koalat olisivat metsittyneet yhtä nopeasti ilman viljelyäkin (Kaunisto 1985). Kokeet osoittavat näiden turvekanneiden avohakkuualueiden taimettuvan herkästi kun maa muokataan tehokkaasti. Käytännössäkin mätästystä on sovellettu turvemaiden uudistusaloilla laajalti 1970-luvulta alkaen. Varsinkin istutukset ovat yleensä onnistuneet hyvin ja samalla on saatu runsaasti luontaisesti syntyneitä taimia (Mannerkoski 1975, Moilanen ja Issakainen 1984).

Mätästetyillä ojitusalueilla suurin itämislustan laadun vaihtelu aiheutuu turpeen paksuudesta. Mitä ohuempi turveker-

ros, sitä enemmän mättäät muodostuvat kivennäismaasta. Ohutturpeisen (alle 30 cm) ojitusalueen mättäät ovat useimmiten lähes pelkästään kivennäismaata. Paksutturpeisimmilla ojitusalueilla turpeen osuus lisääntyy mutta turve ja kivennäismaa sekoituvat harvoin tehokkaasti toisiinsa. Mättäissä on puhtaita turvepaakkuja kivennäismaan joukossa. Kosteutta sitovat turvemättäät taimettuvat kuivina kesinä kivennäismaamättäitä paremmin. Turve- ja kivennäismättäiden ero riippuu kuitenkin myös kuivien ja kosteiden sääjaksojen vuorottelusta. Riittävän pitkän kuivan jakson tuloksena myös turvemättäiden pintaosat kuivuvat. Sateiden alkaessa kuiva turve kostuu kivennäismaata hitaammin edellyttäen runsaampia ja pitkäaikaisempia sateita. Turvemättäiden pintakerrosten kosteusvaihtelu lienee tärkein syy siihen, että luontaisesti tai kylvään uudistetuilla koaloilla taimettumistulokset vaihtelevat suuresti. Varsinkin saraturvemättäiden taimettuminen on ollut hyvin heikkoa (Saarinen, Metla, julkaisematon aineisto).

Mätästyksen vaihtoehdot

Mätästyksen vaihtoehtona on tutkittu kangasmaiden lautasaurajälkeä muistuttavaa jyrsinmuokkausta. Sen on todettu lisänneen merkittävästi luonnontaimien määrää (Kaunisto 1984, Saarinen 2002). Jyrsinän kaltaisen kevyen pintamuokkauksen vaikutus on kuitenkin mätästystä voimakkaammin yhteydessä pintakasvillisuuteen ja sen muutoksiin. Tästä voi mainita esimerkkinä mm. rahka- ja karhunsammalen, tupasvillan, harmaasaran ja pallosaran, jotka voivat paljastetun turpeen ominaisuuksista ja pohjavesipinnasta riippuen peittää hyvin nopeasti muokkausjäljen. Rahkasammalpinna taimettuvat hyvin muokkaamattakin, jolloin pintamuokkauksen vaikutus näkyy selvimmin kuivilla turvekangaspinnoilla. Tosin rahkasammalkasvuston muokkaus saattaa joskus tuottaa kaikkein herkimmin taimettuvan pinnan varsinkin kuivina kesinä. Nämä pinnaat ovat erityisen otollisia

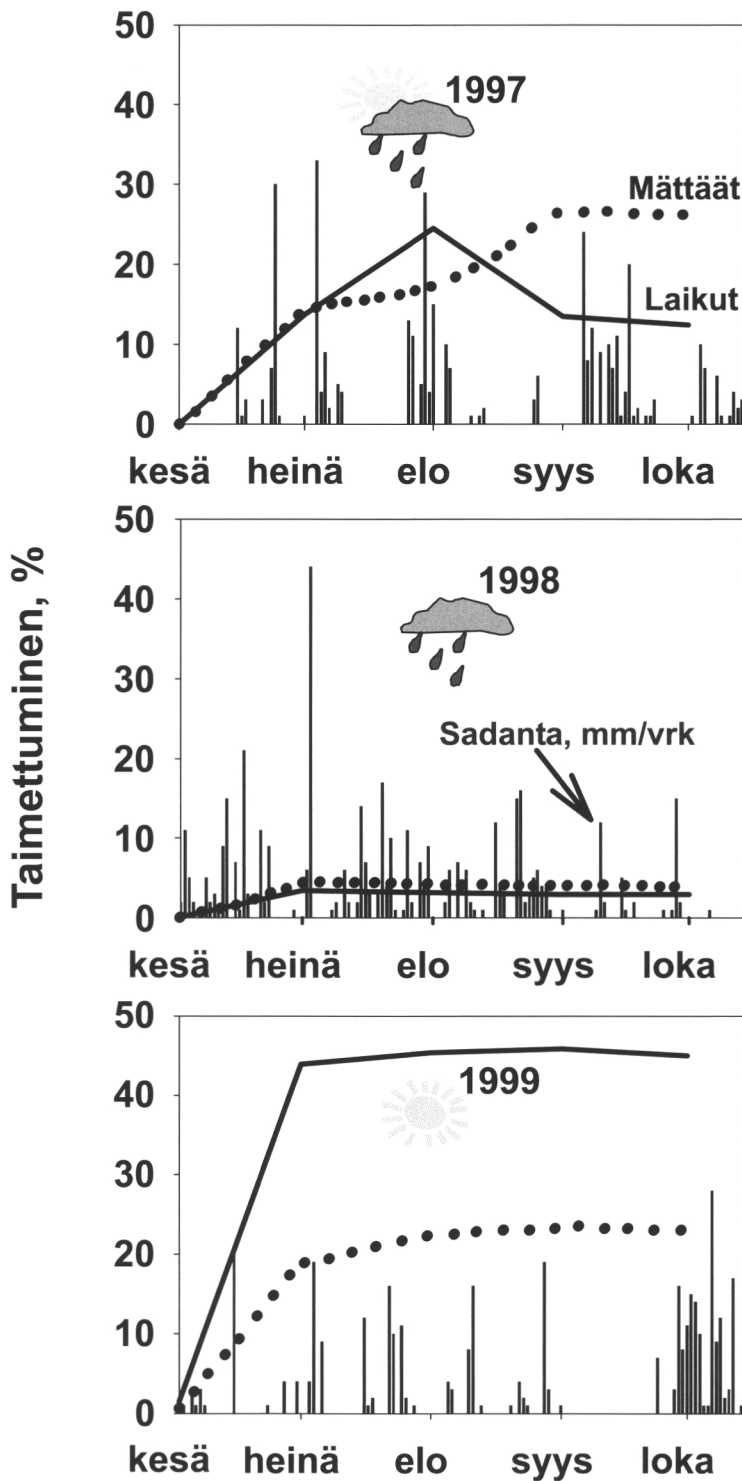


■ Kuva 3. Rahka- ja karhunsammalkasvustoon sekä turvekangaskasvillisuuteen tehtyjen kaivurilaikkujen taimettuminen kesällä 1999. Turvekangaslaikuista osalla on paljastettu kasvillisuuden ja raakahumuskerroksen alainen turvepinta ja osalla jätetty 1 - 3 cm raakahumusta laikun pintaan (Saarinen, Metla, julkaisematon aineisto).

hieskoivun taimettumiselle, mikä saattaa muodostua ongelmaksi männyn taimien syntymiselle ja jatkokehitykselle varsinkin puolukkaturvekankailla. Ongelma kärjistyy, jos koivun osuus on suuri hakkuuta edeltäneessä puustossa (nevojen ja nevarämeiden ojitusalueet). Kyseisessä tapauksessa uudistusalueelle kehittyi lisäksi tiheä ja nopeakasvuinen vesaikko.

Jyrsinnällä voidaan kuitenkin saavuttaa täystiheä mäntytaimikko, mikä rohkaisee muidenkin pintamuokkausmenetelmien käyttöön mätästykseen vaihtoehtona. Taimet keskittyvät jyrsintäjäljissä vakopintoihin eli kasvillisuuden ja raakahumuksen alta paljastettuun turvepintaan. Näin ollen hyvin kuivatun uudistusalan mahdollisimman pinnanmyötäisellä kaivurilaikutuksella voitaneen päästä samaan lopputulokseen. Samalla voidaan hyödyntää ojitusalueilla muutoinkin toimivaa ja saatavissa olevaa konekantaa (Saarinen 2002).

Kaivurilaikutuksen soveltuvuudesta on toistaiseksi vain alustavia tuloksia. Niiden mukaan hyvin kuivatun ojitusalueen pinnalle tehdyt laikut ovat teoriassa hyvin toimiva ratkaisu, mikäli poistetaan vain pintakasvillisuus ja turvekankailla enintään pintakasvillisuuden alla oleva raakahumuskerros. Laikun ominaisuudet itämisen ja sirkkataimien alkukehityksen kannalta riippuvat olennaisesti siitä, minkälaiseen kasvillisuuspinnaan se tehdään. Rahka- ja karhunsammalkasvustoihin tehdyt laikut ovat kuohkeita ja kosteita tarjoten kuivana kesänä hyvän itämisalustan (kuva 3). Turvekankaiden seinäsammalpinntaisen raakahumuksen alla on usein maaton turvekerros, joka on edellisiä heikompi taimettumisalustana. Kosteutta on siinäkin riittävästi, mutta siemenet ovat alltiita erilaisille siemensyöjille ja toisaalta kovat sadekuurot sekoittavat ja liettävät hienojakoista turvemassaa. Kovien sateiden jälkeen vesi jää



■ Kuva 4. Turvemättäiden ja turvepintaisten laikkujen taimettuminen kolmen sääoloiltaan erilaisen kasvukauden (1997 - 1999) aikana. Taimettuminen (%) on laskettu elävien sirkkataimien osuutena kylvetyistä 50 siemenestä.

helposti lammikoksi huonosti vettä läpäisevälle maatuneelle turvepinnalle. Myös rouste on ajoittain ongelma. Mikäli laikutuksessa turvepinnan päälle jätetään osa raakahumuskerroksesta, voidaan edelliset ongelmat osin välttää. Tällöin itämisalustan kuivumisriski kuitenkin lisääntyy.

Laikutuksen etu on merkittävä verrattuna muokkaamattomaan pintaan turvekankailla mutta erityisesti myös karhunsammalmuuttumilla. Kummassakin tapauksessa taimettumistulos ilman muokkausta on huono. Laikutuksen hyöty on suhteellisesti vähäisempi rahkasammalpinnoilla, sillä ne taimettuvat muokkaamattominakin melko hyvin. Laikutus voi kuitenkin moninkertaistaa taimimäärän (Saarinen, Metla, julkaisematon aineisto).

Pintamuokkauksen ja mätästyksen vertailun ongelmia

Pintamuokkauksessa syntyvien laikku- ja jyrsinpintojen vertailu mätäspintoihin on hankalaa, koska sirkkataimien syntyajankohdan säätila vaikuttaa ratkaisevasti taimettumistulokseen. Taimettumistulokset voivat siis vaihdella vuosittain. Kuivana kesänä laikkuihin voi syntyä kaksinkertaisesti sirkkataimia turvemättäisiin verrattuna, mutta sateiset jaksot kääntävät aselman helposti päinvastaiseksi (kuva 4). Lisäksi erot luonnollisesti riippuvat verrattavien mätäs- ja laikkupintojen ominaisuuksista sekä pohjavesipinnan etäisyydestä. Kuivan alkukesän jäljiltä äärevimmät erot löytyvät todennäköisesti rahkasammalpinnaan tehdyn laikun ja maatuneesta saraturpeesta tai turpeen alaisesta hiekasta tehdyn korkean mättään väliltä (Saarinen, Metla, julkaisematon aineisto).

Edellä esitetyt sirkkataimien syntyä kuvaavat tulokset koskevat taimettumisvaiheen ensimmäisiä vuosia ja vasta pitempi seurantajakso antaa luotettavan kuvan lopullisesta taimettumisesta. Muokkaamattomien kasvillisuuspinnojen ja jyrsinjälkien vertailusta on aineistoa 4 - 16 vuoden ikäisiltä männyn siemenpuualoilta varpu- ja

puolukkaturvekankailla (Saarinen 2002). Valitettavasti mätästys on sisältynyt maanmuokkausvertailuun vain muutamalla uudistusalalla. Männyn taimitehiys ei ole ollut mättäillä sen suurempi kuin jyrsinjäljissäkään, vaikka pituuskasvu on ollut nopeampaa. Hieskoivu sen sijaan hyötyy kosteammasta pintamuokkausjäljestä. Koivun taimitehiys oli yleensä mäntyä suurempi. Muokkaustavan ja taimitehyyden välinen riippuvuus oli koivulla kuitenkin heikompi kuin männyllä. Tämä johtui osittain koivun kyvystä uudistua myös muokkaamattomille kasvillisuuspinnoille. Erilaisilla taimettumispinnoilla koivun taimitehyyteen vaikuttaa myös vesasyntyisten taimien runsaus, mikä riippuu enemmän koivun määrästä metsikön uudistamista edeltäneessä puustossa kuin pintakasvillisuudesta ja muokkauksesta. Huomattava osuus koivun kokonaistaimimäärästä voi olla hakkuussa ja hakkuualan raivauksessa poistetun koivupuuston kantovesoja varsinkin seinäsammaleisella muokkaamattomalla turvekankaalla, missä siemensyntyinen taimettuminen on vähäistä.

Voiko turvemaita kulottaa ?

Turvemaiden kulotuksesta on aiemmin tehty vain yksi tutkimus (Yli-Vakkuri 1958), johtuen kaikeksi turvepalon aiheuttamisen pelosta. Yli-Vakkurin lähinnä isovarpuisille rämemuuttumille perustamalla kokeilla hieskoivujen vesominen lisääntyi kulotuksen vaikutuksesta. Itse kulotuksen vaikutuksesta männyn taimettumiseen ei mainita mitään, mutta rahkasammalkasvustojen taimitehyydet olivat lähes kolminkertaiset seinäsammalkasvustoihin verrattuina.

Kulotuksen vaikutusta männyn ja koivun taimettumiseen on varputurvekankaan siemenpuualalla tutkittu pienimuotoisesti myös 1990-luvulla (Saarinen, Metla, julkaisematon aineisto). Kulotuksen vaikutuksesta pintakasvillisuus muuttui seinäsammalvaltaisesta harvaa kytökarhunsammalta kasvavaksi, mutta männyn taimettuminen oli siitä huolimatta yllättävän heikkoa. Koi-

vun kohdalla vaikutus oli päinvastainen kuin Yli-Vakkurin kokeessa. Koivuntaimia oli eniten palamatta jääneillä pinnoilla. Kangasmailla Yli-Vakkuri (1962) totesi palaneen pinnan olevan hyvin epäedullinen niin männyn, koivun kuin kuusenkin siementen itämiselle ja sirkkataimien syntymiselle ja taimettumisolojen paranevan vasta 3 - 5 vuotta kulituksen jälkeen. Palaneen pinnan taimettumisherkyys riippuu myös kulon voimakkuudesta (Schimmel 1993). Mikäli tuli polttaa vain osan hakkuutähteistä ja pintakasvillisuudesta, jää raakahumuskerrostuma sekä valtaosa kuolleesta ja mustuneesta seinäsammalkasvustosta jäljelle. Auringossa nopeasti kuivuva tumma karike- ja sammalpinta lieneekin suurin syy heikkoon taimettumistulokseen edellä kuvatulla hyvin ”pinnallisesti” palaneella kulotuskokeella.

Edistäkö lannoitus taimettumista ?

Turvemailla puiden käytettävissä olevien kivennäisravinteiden ja kasvualustan tyyppimäärän suhde on huomattavasti pienempi kuin kangasmailla. Turpeen ravinnesuhteiden epäedullinen vaikutus taimettumiseen näyttäisi korostuvan koivun uudistamisessa, sillä fosfori- ja kaliumlannoitus (suometsien PK-lannos) edistää koivun taimettumista erityisesti kosteilla jyrsinvako-pinnoilla. Useimmissa tutkimuksissa lannoituksella ei ole ollut vaikutusta havupuiden taimettumiseen tai sitten vaikutus on ollut haitallinen (Koskela 1970, Paavilainen 1970, Kaunisto 1971, 1972, 1975, Mannerkoski 1971, 1972, Heikurainen & Laine 1976, Moilanen & Issakainen 1981, 1984, Saarinen 1993, Saarinen 2002). Haitta on sitä suurempi mitä kuivemmalle kasvualustalle lannoitteita lisätään. Männyn taimettumisen on tosin havaittu myös lisääntyneen erityisesti tuhkalannoitetuilla kylvömättäillä (Silfverberg 1995). Näin siitähän huolimatta, että siementen kastelu tuhkaluoksessa heikentää voimakkaasti itävyyttä. Erialaisten lannoitusten ja taimettu-

misen väliseen riippuvuuteen vaikuttaa olennaisesti kasvualustaan lisättyjen ravinteiden konsentraatio maavesiliuoksessa (Moilanen & Issakainen 1984). Tuhkan on todettu muuttavan myös turpeen fysikaalisia ominaisuuksia ja lisäävän sitä kautta taimettumisen mahdollisuuksia (Huikari 1951).

Tarvitaanko luontaista uudistamista ?

Asenteet luontaisen uudistamisen puolesta ja vastaan vaihtelevat suuresti metsämattikunnan keskuudessa. Jo 1900-luvun alussa syntyneet käsitykset ojitusalueiden herkästä luontaisesta taimettumisesta ovat ehkä eniten vaikuttaneet luontaiselle uudistamiselle myönteiseen suuntaan. Tähän on ollutkin aihetta kaikilla vielä valtaosin rahkasammalpintaisilla ojitusalueilla. Viime aikoina on kuitenkin yhä useammin uudistettu myös kasvillisuussukessioltaan pitkälle edenneitä turvekankaita ja huomattu niillä esiintyvät luontaisen taimettumisen ongelmat. Kangasmailla luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia pidetään karuilla kankailla parhaimpina, mutta ojitusalueilla muokkaamattomien pintojen taimettuminen on usein heikoimmillaan nimenomaan varpu- ja puolukkaturvekankailla. Kevelyäkin muokkauksella nämä kasvupaikat ovat kuitenkin hyvin uudistettavissa luontaisesti, joten valinta viljelyn ja luontaisen uudistamisen välillä on tehtävä pääasiassa taloudellisen kannattavuuden perusteella. Laskelmien puuttuessa valintapäätökset jäävät usein arvailujen ja mielipiteiden varaan. Oletukset siemen- ja suojuspuustojen myrskytuhoherkkyydestä sekä siementävän puuston korjuuongelmat ojitusalueilla suosivat useimmiten viljelyä. Koska mätästys on ongelmistaan huolimatta ainakin taimien kasvun ja eloonjäämistodennäköisyyden perusteella luotettavin muokkausmenetelmä, päädytään usein perinteiseen ”avohakkuu-mätästys-viljely” vaihtoehtoon. Mättäisiin istutetut männyt ovat ainakin koekentillä olleet varsin huonolaatuisia, joten eri

menetelmävaihtoehtojen paremmuus on useimmiten ratkaistava luontaisen uudistamisen ja kylvön välillä. Istutuksen tavoin on kylvö kuitenkin syytä tehdä turvemilla mätästettyyn pintaan. Tällöin luontaisen uudistamisen arvo paranee, mikäli mätästystä joudutaan rajoittamaan vesistöjen suo-
jeluksista.

Kirjallisuus

- Groot, A. & Adams, M. 1994. Direct seeding black spruce on peatlands: fifth-year results. *The Forestry Chronicle* vol. 70, no. 5:585–592.
- Hannerz, M. & Hånell, B. 1993. Changes in the vascular plant vegetation after different cutting regimes on a productive peatland site in Central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8:193–203.
- Hannerz, M. & Hånell, B. 1997. Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management* 90:29–49.
- Heikurainen, L. & Laine, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja lämpöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage and temperature conditions on the development of planted and natural seedlings on pine swamps. *Acta Forestalia Fennica* 150:1–38.
- Heinselman, M. L. 1957. Living Sphagnum found most favorable seedbed for swamp black spruce in Minnesota study. USDA Forest Service, Lake States Forest, Experiment Station. Technical Note. No. 504. 2 s.
- Hertz, M. 1932. Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17:1–189.
- Huikari, O. 1972. H-kulttuuri. – Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1972:1–19.
- Huikari, O. 1951. Havainnot ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. *Suo* 2 (1):1–4.
- Hytönen, J. 1992. Allelopathic potential of peatland plant species on germination and early seedling growth of Scots pine, silver birch and downy birch. Tiivistelmä: Suokasvien allelopaattisista vaikutuksista männyn sekä raudus- ja hieskoivun siementen itämiseen ja taimien ensikehitykseen. *Silva Fennica* 26(2):63–67.
- Johnston, W. F. 1977. Manager's handbook for black spruce in the North Central States. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station, General Technical Report. NC-34. 18 s.
- Kaunisto, S. 1984. Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheessa. – Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137:7–21.
- Kaunisto, S. 1985. Alustavia tuloksia metsän teho-
viljelykokeista turvemilla. (Summary: Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.) – *Folia For.* 619:1–16.
- Kaunisto, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvö-
taimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvi-
huoneessa suoritettu tutkimus. Summary: Effect of fertilization, soil preparation, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 75.2. 64 s.
- Kaunisto, S. 1972. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rakkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä. Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. *Folia Forestalia* 139:1–11.
- Kaunisto, S. 1975. Suometsien luontaisen uudistamisen edistäminen. Metsäntutkimuslaitos. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 14:37–41.
- Koskela, V. 1970. Havainnot kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkasvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. *Folia Forestalia*. 78:1–25.
- Kuusipalo, J. & Vuorinen, J. 1981. Pintakasvillisuuden sukkessio vanhalla ojitus-alueella Itä-Suomessa. Summary: Vegetation succes-

- sion on an old, drained peatland area in Eastern Finland. *Suo* 32(3):61–66.
- Laine, J., Vasander, H. & Laiho, R. 1995. Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. *Journal of Applied Ecology* 32:785–802.
- Lukkala, O. J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. (Referat: Die naturliche Verjungung der Bruchw., lder.) *Commun. Inst. For. Fenn.* 34(3):1–150.
- Mannerkoski, H. 1975. Vanhan ojitusalueen uudistaminen mätätysmenetelmällä. (Summary: Hummock-building method in reforestation of an old drainage area.) – *Suo* 26(3–4):65–68.
- Mannerkoski, H. 1971. Lannoituksen vaikutus kylvösten ensi kehitykseen turvealustalla. Summary: Effect of fertilization on the initial development of Scots pine and Norway spruce plantations established by sowing on peat. *Silva Fennica* 5(2):105–128.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1981. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus kuusen ja koivun uudistamiseen eräillä Kainuun soilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the regeneration of birch and spruce on thick peat soils in Kainuu. *Folia Forestalia* 481:1–16.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1984. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensarämeellä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 133:1–23.
- Moilanen, M., Ferm, A. & Issakainen, J. 1994. Kuusen- ja koivuntaimien alkukehitys korven uudistamisaloilla. *Käsikirjoitus*.
- Paavilainen, E. 1970. Astiakokeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 72(1):1–37.
- Pienimäki, T. 1982. Kasvillisuuden ojituksen jälkeinen kehitys eräillä suotyypeillä Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Development of vegetation on some drained mire site types in North-Ostrobothnia. *Suo* 33:113–123.
- Place, I. C. M. 1955. The influence of seedbed conditions on the regeneration of spruce and balsam fir. Canada Department of Northern Affairs and Natural Resources. Forestry Branch, Bulletin 117. 87 s.
- Reinikainen, A. 1984. Suotyypit ja ojituksen vaikutus pintakasvillisuuteen. Teoksessa: Jaakoin suon koeojitusalue 75 vuotta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 156:7–21.
- Saarinen, M. & Hotanen, J.-P. 2000. Raakahumuksen ja kasvillisuuden yhteisvaihtelu Pohjois-Hämeen vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Covariation between raw humus layer and vegetation on peatlands drained for forestry in western Finland. *Suo – Mires and Peat* 51(4):227–242.
- Saarinen, M. 1993. Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 470:6–12.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Effect of site factors on restocking of old drainage areas. A literature review. *Suo – Mires and Peat* 48(3):61–70.
- Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. Summary: Effect of vegetation and site preparation on restocking of Scots pine and birch on dwarf-schrub and *Vaccinium vitis-idaea* type peatland forests. *Suo* 53(2):41–60.
- Sarasto, J. 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen etelä-puoliskossa. Referat: Über Struktur und Entwicklung der Bodenvegetation auf für Walderziehung entwässerten Mooren in der südlichen Hälfte Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 65(7):1–108.
- Sarasto, J. 1963. Tutkimuksia koivun kylvöstä ojitetuilla soilla. (Summary: Sowing of birch on drained swamps.) – *Suo* 14(4):47–56.
- Sarasto, J. 1964a. Koivun kylvöjen talvehtimisestä ojitetuilla soilla. (Summary: The wintering of birch seedlings in drained swamps.) – *Suo* 15(3):51–153.
- Sarasto, J. 1964b. Tutkimuksia ojitettujen soiden varvustosta ja sen vaikutuksesta männyn kylvöihin. Summary: Investigations on dwarf shrub

- vegetation on drained swamps and its influence on sowing of pine. – *Suo* 15(4):61–68.
- Sarasto, J. & Seppälä, K. 1964. Männyn kylvöistä ojitettujen soiden sammal- ja jäkäläkasvustoihin. (Summary: On sowing of pine in moss and lichen vegetation on drained swamps.) – *Suo* 15(3):54–58.
- Sarasto, J. 1961a. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. *Acta For. Fenn.* 74(5):1–47.
- Sarasto, J. 1961b. Ojitettujen soiden luokittelusta. Summary: How the drained peatlands are classified. – *Suo* 12:75–77.
- Schimmel, J. 1993. On fire. Fire behavior, fuel succession, and vegetation response to fire in the Swedish boreal forest. *Dissertations in Forest vegetation Ecology* 5. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Vegetation Ecology. Umeå, Sweden.
- Silfverberg, K. 1995. Forest regeneration on nutrient-poor peatlands: Effects of fertilization, mounding and sowing. *Silva Fennica* 29:205–215.
- Vasander, H. 1987. Diversity of understorey biomass in virgin and in drained and fertilized southern boreal mires in eastern Fennoscandia. *Annales Botanici Fennici* 24:137–153.
- Vasander, H., Kuusipalo, J. & Lindholm, T. 1993. Vegetation changes after drainage and fertilization in pine mires. (Tiivistelmä: Kasvillisuuden muutokset rämeillä ojituksen ja lannoituksen jälkeen.) *Suo* 44:1–9.
- Wood, J. E. & Jeglum, J. K. 1984. Black spruce regeneration trials near Nipigon, Ontario: Planting versus seeding, lowlands versus upland, clearcut versus stripcut. Canadian Forestry Service, Sault Ste. Marie, Ontario, Information Report O-X-361. 19 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1958. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden kulotuksesta. (Referat: Untersuchungen über das Absengen als waldbauliche Massnahme auf entwässerten Torfböden.) – *Acta For. Fenn.* 67(4):1–33.
- Yli-Vakkuri, P. 1962. Emergence and initial development of tree seedlings on burnt-over forest land. Taimien syntymisestä ja alkukehityksestä kulotetuilla alueilla. *Acta Forestalia Fennica* 74.1:1–51.

Metsitettyjen suopeltojen kasvihuonekaasujen taseet

– tutkimuksen esittely

Jyrki Hytönen

*Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema*

Marja Maljanen

*Kuopion yliopisto
Ympäristötieteiden laitos*

Mika Yli-Petäys

*Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema*

Jukka Laine

*Helsingin yliopisto
Metsäekologian laitos*

Pertti J. Martikainen,

*Kuopion yliopisto
Ympäristötieteiden laitos*

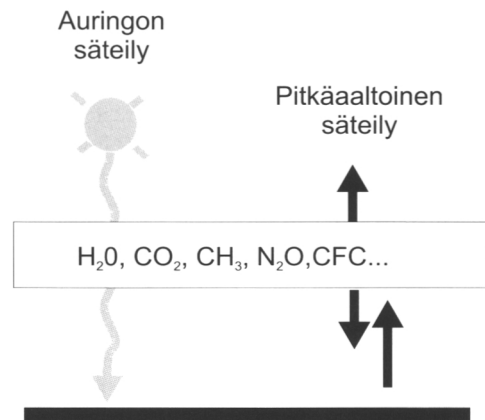
Kari Minkkinen

*Helsingin yliopisto
Metsäekologian laitos*

Tausta

Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet ovat nousseet jyrkästi viimeisten vuosikymmenien aikana. Tämän johdosta kasvihuoneilmion odotetaan voimistuvan lähitulevaisuudessa. Merkittävimpiä antropogeenisiä kasvihuonekaasuja (KHK) ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) ja dityppioksidi (N_2O). Muiden kasvihuonekaasujen, kuten vesihöyryn, otsonin ja CFC-yhdisteiden ohella ne absorboivat maapallolta tulevaa pitkäaaltoista säteilyä ja vähentävät täten maapallolta palaavan energian siirtymistä avaruuteen (kuva 1). Ne siis voimistavat ns. luonnollista kasvihuoneilmiötä,

joka pitää maapallon pinnan noin $30\text{ }^\circ\text{C}$ lämpimämpänä, kuin ilman kasvihuonevaikutusta. Kasvihuonekaasumolekyylien fyysiset ominaisuudet, jotka vaikuttavat ko. kaasun kykyyn imeä pitkäaaltoista infrapunasäteilyä, vaihtelevat suuresti eri kaasujen välillä ja määräävät kaasun ominaissäteilypakotteen. Esimerkiksi metaani absorboi lämpösäteilyä 24 kertaa ja dityppioksidi 296 kertaa tehokkaammin 100 vuoden tarkastelujaksolla kuin hiilidioksidi (IPCC 2001). Myös kaasujen elinajat eroavat toisistaan, minkä vuoksi ennusteissa käytetty aikahorisontti vaikuttaa vertailuihin (IPCC 1996).



■ Kuva 1. Kasvihuoneilmiö – yksinkertaistettu periaatepiirros. Maan ilmakehä toimii kasvihuoneen tavoin kun se päästää lävitseen suuren osan Auringon lyhytaaltoisesta säteilystä, mutta estää osan pitkäaaltoisesta lämpösäteilystä poistumasta avaruuteen. Kasvihuoneessa kasvihuonevaikutuksen aiheuttavat lasinen katto ja seinät. Ilmakehässä sen aiheuttavat vesihöyry ja muut kasvihuonekaasut.

Suomessa suot muodostavat huomattavimman orgaanisen hiilen varaston. Suomen metsien puustossa on hiiltä noin 680 milj. tn, kangasmaissa noin 1 200 milj. tn ja turvemaissa noin 4 800 milj. tn (Kauppi ym. 1995, Liski 1997, Mäkipää ja Tomppo 1998). Soiden maa- ja metsätaloudellinen hyväksikäyttö on ollut merkittävin soiden käyttömuoto Suomessa ja reilusti yli puolet alkuperäisestä suoalasta (10,4 milj. ha) on ojitettu näihin tarkoituksiin. Valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin mukaan Suomessa on ojitettavia soita 4,25 milj. ha. Kaiken kaikkiaan noin miljoonasta maatalouskäyttöön raivatusta suohehtaarissa viljelyksessä on nykyisin noin 250 000 ha suopeltoja. Metsitettyjä suopeltoja arvioidaan olevan yli 80 000 ha (Wall & Heiskanen 1998) ja ilmeisesti huomattavasti suurempi määrä on luontaisen metsittymisen eri vaiheissa olevia viljelemättömiä peltoheittoja. Maatalouskäytössä olevista suopelloista yli puolet sijaitsee Länsi-Suomessa, Pohjanmaalla ja Lapissa.

Suopeltojen pintakasvillisuus sekä maan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet poikkeavat huomattavasti muista soista ja turvemaista. Toistuva maanmuokkaus, kalkitukset, lannoitukset sekä maanparannusaineena käytetty kivennäismaa ovat muuttaneet suuresti entisen suon maata (Wall & Hytönen 1996, Hytönen & Wall 1997). Muutokset sekä pintakasvillisuudessa että maan ominaisuuksissa ovat hyvin pitkäaikaisia. Kaliuminpuutokset ja ravinneperäiset kasvuhäiriöt ovat olleet melko yleisiä suopeltojen metsityksen ongelmia (Hytönen & Ekola 1993). Suopelloilla pui-

den menestymisen kannalta erittäin tärkeäksi tekijäksi on todettu ohutturpeisuus tai kivennäismaan lisäys maanviljelyn aikana.

Soiden ojitus ja käyttö maatalouteen aiheuttaa huomattavasti radikaalimpia muutoksia ekosysteemissä kun metsäojitus. Kun metsäojitettu suo säilyy toimivana ekosysteeminä hiiltä sitovine kasvipeitteineen ja ravintoketjuineen, viljelykseen raivatulla suopelto on vain osan vuodesta kasvipeitteellinen ja toistuva maanmuokkauksen ja lannoitusten vuoksi turpeen hajotustoiminta ja mineralisaatio on hyvin voimakasta. Myös kasvien sitomaa hiiltä korjataan satona pelloilta vuosittain. Hapellisen hajotuksen lisääntyessä hiilidioksidipäästöt lisääntyvät, mutta metaanipäästöt loppuvat (Maljanen ym. 2003). Suon ottaminen maanviljelykseen muuttaakin sen hiilidioksidin (Maljanen ym. 2001, Komulainen ym. 2002) lähteeksi ilmakehään orgaanisen aineen mineralisoituessa tehokkaan kuivatuksen ja maanmuokkauksen vuoksi (taulukko 1). Suomen suopelloilta on mitattu varsin suuria CO₂-C emissioita ilmakehään (Maljanen ym. 2001, Komulainen ym. 2002) Maamme pohjoisesta sijainnista huolimatta kasvihuonekaasupäästöt suopelloiltamme ovat lähes yhtä suuria kuin huomattavasti eteläisimmillä leveysasteilla (esim. Keski-Eurooppa) mitatut päästöt (esim. Crill ym. 2000, Kasimir-Klemedtsson ym. 1997).

Typpilannoitus ja orgaanisen typen mineralisaatio lisäävät merkittävästi typen oksidien muodostumista ja emissioita (Nykänen ym. 1995, Regina ym. 1998, Komu-

■ Taulukko 1. Soiden eri käyttömuotojen kasvihuonekaasujen taseet Suomessa (Crill ym. 2000). Positiiviset arvot tarkoittavat virtausta turpeesta ilmakehään ja negatiiviset ilmakehästä turpeeseen. - ei mitattu tai tutkimustuloksia hyvin vähän.

Alkutilanne	CO ₂ g m ⁻² a ⁻¹	CH ₄ g m ⁻² a ⁻¹	N ₂ O g m ⁻² a ⁻¹
Luonnontilainen	-75	13,5	0,005
Metsäojitettu	-160	1,5	0,12
Suopelto	2000	0	1,5
Metsitetty suopelto	-	-	-

lainen ym. 2002). Metaaniemissiöt taasen pienenevät kuivatuksen myötä (Nykänen ym. 1998). Kokonaisuudessaan (hiilidioksidiekvivalentteina ilmaistuna) soiden ottaminen maatalouskäyttöön lisää aina kasvihuonekaasuemissioita, koska hiilidioksi- ja typpioksiduulipäästöt kasvavat suhteessa enemmän kuin metaanipäästöt vähenevät (Kasimir-Klemedtsson ym. 1997). Suopeltojen säteilypakote niiden pienestä pinta-alasta huolimatta voi siten merkittävä (taulukko 2).

Tällä hetkellä ei tiedetä mitä metsitys vaikuttaa suopeltojen kasvihuonekaasujen taseisiin, sillä aihetta on tutkittu niukasti. Hypoteesina on, että metsityksestä kulu- neen ajan lisääntyessä hiilidioksidiemissi- ot pienenevät tasaisesti, mutta samalla me- taaniemissiöt saattavat kasvaa kuivatuksen heikentyessä. Tutkimustulosten vähäisyy- destä huolimatta orgaanisten maatalous- maiden kasvihuonekaasupäästöjen vähen- tämisessä tärkeimpänä toimenpiteenä pide- tään jo nyt turvepeltojen poistamista vilje- lystä ja niiden metsittämistä (Ilmastosopi- muksen... 2000). Koska maatalouskäytös- sä olevien tai sen ulkopuolelle jääneiden turvemaiden kasvihuonekaasujen taseista on vain vähän tietoja, tarvitaan lisätutki- muksia sekä pelloilta, peltoheitoilta että metsitetyiltä suopelloilta. Vuoden 2002 ke- sällä käynnistyi Maa- ja metsätalousminis- teriön rahoittama yhteistutkimushanke ”Metsitettyjen suopeltojen ja suonpohjien kasvihuonekaasujen taseet”. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa näiden maan- käyttövaihtoehtojen kasvihuonekaasuvai- kutuksista. Metlan lisäksi mukana ovat

Helsingin ja Kuopion yliopistot. Tutkimus on osa laajempaa monivuotista tutkimus- ohjelmaa ”Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuonevaikutukset Suomessa” ja liit- tyä läheisesti Metsäntutkimuslaitoksen tut- kimusohjelmaan ”Suomen metsien hiiliva- rat, niiden muutokset ja sosio-ekonomiset kytkennät”.

Tutkimuksen aineisto ja mene- telmät

Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutki- musaseman läheisyydestä valittiin viisi vil- jelemätöntä suopeltokohdetta (”peltohei- tot”) ja kuusi metsitettyä peltoa joille pe- rustettiin mittausruudut kasvihuonekaasu- taseiden selvittämiseksi. Koealoilla selvi- tetään kasvillisuuden, turpeen paksuuden, kosteusolosuhteiden ja maaperän fysikaa- listen ja kemiallisten ominaisuuksien vai- kutusta kasvihuonekaasutaseisiin. Tutki- muskohteiden puulajit ja metsityksestä tai viljelemättä jättämisestä kulunut aika vaihtele- vat.

Kasvihuonekaasujen vaihtodynamiik- kaa tutkitaan viljelemättömillä suopelloil- la mittaamalla erilaisten kasvillisuuspin- tojen kaasujen (CO₂, CH₄ ja N₂O) vaihtoa il- makehän ja maaperän varastojen välillä. Metsitetyillä pelloilla mitataan maarespi- raatiota sekä metaanin ja dityppioksidin vaihtoa käyttäen suljettuja staattisia kam- mioita (kuvat 2 ja 3). Kammiomittauksia varten valituille kohteille on upotettu me- tallisia kauluksia noin 15 - 30 senttimetrin syvyyteen turpeeseen, ja mitattaessa kam-

■ Taulukko 2. Suomen turvemaiden eri käyttömuotojen pinta-alat (ha) ja kasvihuone- kaasujen (CO₂, CH₄, N₂O) säteilypakote ilmaistuna CO₂-ekvivalentteina 100-vuoden aikajän- teellä. (Crill ym. 2000).

Maankäyttömuoto	Pinta-ala, milj. ha	Säteilypakote, Tg CO ₂ -ekvivalentteina (100 vuoden aikajänne)
Luonnontilaiset	4,0	+ 8,40 ± 0,15
Metsäojitetut	5,7	- 5,28 ± 5,5
Suopellot	0,25	+ 6,63 ± 2,57
Metsitetyt suopellot	0,09	? ?



■ Kuva 2. Metaanin ja dityppioksidin keräystä kammioilmasta injektioruiskuihin kesällä 2002.

mio asetetaan kauluksen päälle. Kauluksen tehtävä on tiivistää kammio maanpintaan ja eliminoida näytealojen ulkopuolisten tekijöiden kuten ympäröivien puiden juurten aiheuttamat häiriöt mittauksissa. Kammiosta otetaan kaasunäytteitä tasaisin väliajoin ja näytteet analysoidaan joko kaasukromatografilla (injektioruiskuihin otetuista näytteistä kammioilman CH_4 - ja N_2O -pitoisuus) tai kannettavalla infrapunakaasuanalysaattorilla (kammioilman CO_2 -pitoisuus).

Kaasumittausten yhteydessä mitataan samanaikaisesti kammioilman, ympäröivän ilman sekä turpeen eri syvyyksien (5, 10, 20, 30 cm) lämpötilat sekä vedenpinnan taso kammion välittömästä läheisyydestä. Hiilidioksidin vaihtomittausten yhteydessä mitataan myös fotosynteesistä aktiivisen säteilyn määrää (PAR). Lisätietoa ympäristöolosuhteista ja koko kasvukautta koskevista sää tiedoista (sademäärä, ilman ja turpeen lämpötilat, säteilyolosuhteet, turpeen kosteus) saadaan sääasemilta.

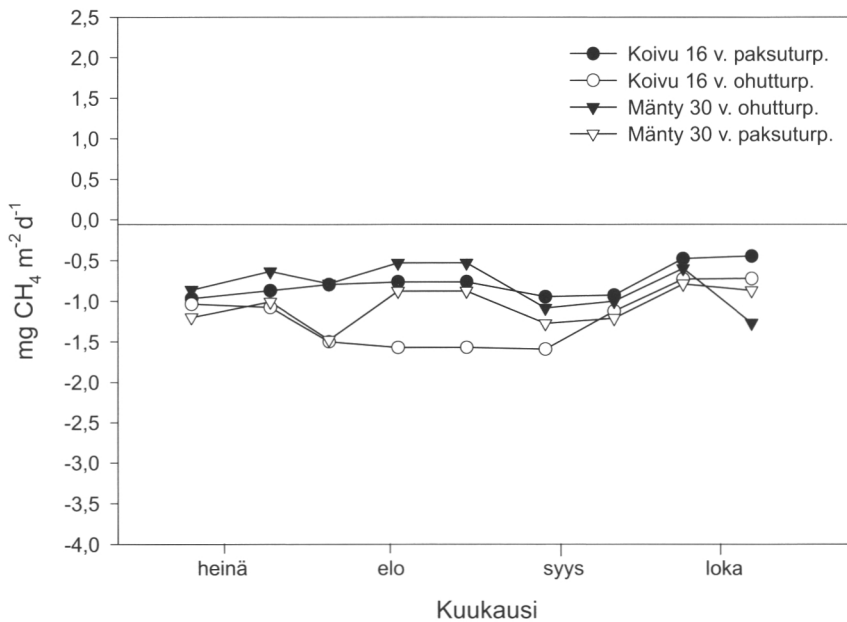
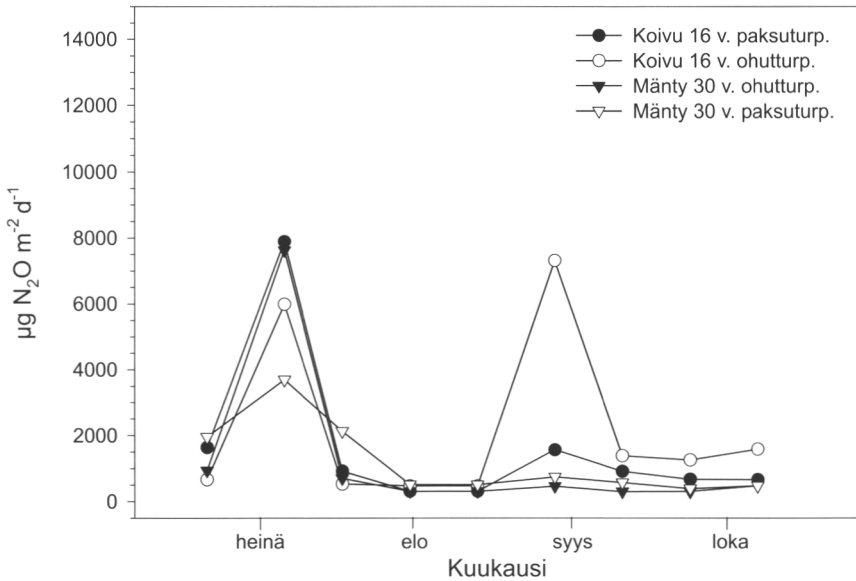


■ Kuva 3. Maarespiraation mittaus kannettavalla infrapunakaasuanalysaattorilla.

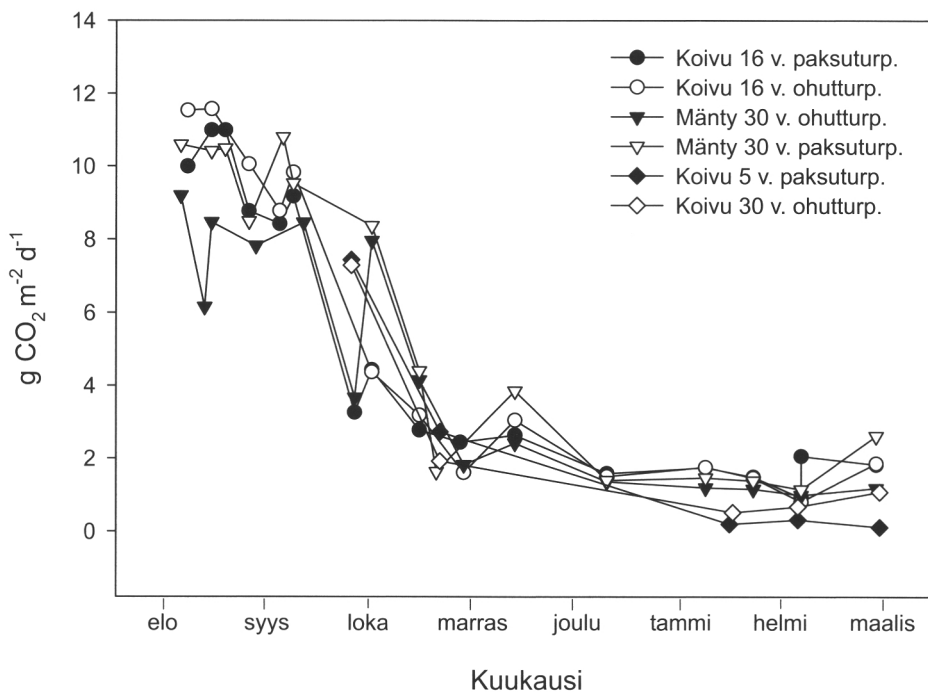
Alustavia tuloksia

Tutkimuksesta on toistaiseksi tarjolla vain alustavia tuloksia, sillä tähän mennessä kerättyä aineistoa käsitellään parhaillaan.

Koska kasvukauden sääolot vaikuttavat hyvin paljon tuloksiin, yhden kesän tuloksia on vielä pidettävä hyvin alustavina. Tämän vuoksi mittauksia tehdään kolmen kasvukauden ajan. Ensimmäisen kesän tulos-



■ Kuva 4. Alustavia tuloksia metaanin ja dityppioksidin virroista metsitetyiltä pelloilta vuoden 2002 aikana. Turpeen paksuus ohut (alle 30 cm) tai paksu (yli 30 cm), puulajit koivu tai mänty.



■ Kuva 5. Keskimääräinen maarespiraatio metsitetyiltä pelloilta elokuun 2002 ja maaliskuun 2003 välisenä aikana.

ten perusteella metsitetyt peltokohteet olivat metaanin nieluja mutta dityppioksidin päästöt (kuva 4) olivat varsin suuria. Kuvassa 5 on esitetty alustavia tuloksia metsitettyjen peltujen CO₂-virroista. Useina vuosina tehtyjen maastomittausten pohjalta luodaan erilaisia malleja, joiden avulla kasvihuonekaasujen dynamiikkaa tutkimuskohteilla voidaan simuloida. Tuloksilla saattaa olla suurta merkitystä kansallista ilmastopolitiikkaa arvioitaessa ja peltujen metsityksen tukipolitiikkaa ja kohdentamista arvioitaessa.

Kirjallisuus

- Grill, P., Hargreaves, K. & Korhola, A. 2000. The role of peat in Finnish greenhouse balance. Ministry of Trade and Industry. Studies and reports 10/2000. 71 s.
- Hytönen, J. & Wall, A. 1997. Metsitettyjen turvepeltujen ja viereisten suometsien ravinne- määrät. Summary: Nutrient amounts of af-

forested peat fields and neighbouring peatland forests. *Suo* 48(2):33–42.

- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. *Folia Forestalia* 822. 32 s.
- Ilmastopöytäkirjan ja Kioton pöytäkirjan metsien hiilivarastoja ja nieluja käsittelevän työryhmän muistio. 2000. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio 2000:5. 80 s.
- IPCC 2001. Climate Change 2001. The scientific basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden & D. Xiaosu. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kasimir-Klemetsson, Å., Klemetsson, L., Berglund, K., Martikainen, P.J., Silvola, J. & Oenema, O. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* 13:245–250.

- Kauppi, P., Tomppo, E. & Ferm, A. 1995. C and N storage in living trees within Finland since 1950s. *Plant and Soil*. 168–169:633–638.
- Komulainen, V.-M., Hytönen, J. & Laine, J. 2002. Suopeltojen kasvihuonekaasujen (CO₂, CH₄, N₂O) taseet. Julkaisussa: Tietoa ja tunnetta maakunnasta, Keski-Pohjanmaan tiedepäivä 2002. Heino, E., Rekilä, T. & Kangas, J. (toim.). s. 29–46.
- Liski, J. 1997. Carbon storage of forest soils in Finland. University of Helsinki, Department of Forest Ecology Publications 16: 1–46.
- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Walden, J. & Silvola, J. 2001. CO₂ fluxes and carbon balance on an organic soil growing barley and grass in Eastern Finland. *Global Change Biology* 7:679–692.
- Maljanen, M., Hytönen, J. & Martikainen, P.J. 2001. Fluxes of N₂O, CH₄ and CO₂ on afforested boreal agricultural soils. *Plant and Soil* 231:113–121.
- Maljanen, M., Liikanen, A., Silvola, J. & Martikainen, P.J. 2003. Methane fluxes on agricultural and forested boreal organic soils. *Soil Use and Management* 19:73–79.
- Mäkipää, R. ja Tomppo, E. 1998. Suomen metsät ovat hiilinielu - vaikka Kioton ilmastositoumuksen mukaan muulta näyttää. *Metsätieteen aikakauskirja, Folia Forestalia* 1998/2:268–274.
- Nykänen, H., Alm, J., Lång, K., Silvola, J., Martikainen, P.J. 1995. Emissions of CH₄, N₂O and CO₂ from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Bio-geography* 22, 351–357.
- Nykänen H., Alm J., Silvola J., Tolonen K. ja Martikainen P.J. 1998. Methane fluxes on boreal peatlands of different fertility and the effect of long term experimental lowering of the water table on flux rates. *Global Biogeochemical Cycles* 12, 53–69.
- Regina, K., Nykänen, H., Maljanen, M., Silvola, J., Martikainen, P.J. 1998. Emissions of N₂O and NO and net nitrogen mineralization in boreal forested peatlands treated with different nitrogen compounds. *Canadian Journal Forest Research* 28, 132–140.
- Wall, A. & Heiskanen, J. 1998. Physical properties of afforested former agricultural peat soils in western Finland. Tiivistelmä: Metsitettyjen turvepeltojen fysikaaliset ominaisuudet. *Suo* 49(1):1–12.
- Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinnemääriin. Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peatland fields. *Suo* 47(3):78–83.

Ensiharvennuskorjuun paalaaminen osapuuna integroidussa kuitu- ja energiapuun korjuussa

Lisäraaka-aineen määrä ja puuston ravinnetase

Paula Jylhä
Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema

1. Tausta ja tavoitteet

Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on lisätä ainespuun vuotuinen hakkuukertymä 63 - 68 miljoonaan kuutiometriin ja metsähakkeen energiakäyttö 5 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2010 mennessä (Kansallinen metsäohjelma 2010). Erityisesti metsähakkeen tuotannolle asetettu tavoite on haastava, sillä metsähaketta tuotettiin vuonna 2002 ainoastaan 1,7 milj. m³, josta päätehakkutähteen osuus oli noin puolet (Ylitalo 2003).

Hakkuupinta-alasta 59 % oli harvennuskorjuun metsiä vuonna 2001 (Metsätilastollinen... 2002). Hakkuuden rakenne on muuttumassa siten, että harvennusten osuus kasvaa edelleen ja suometsien puunkorjuu lisääntyy (Imponen 2002). Puunkorjuu pieniläpimittaisista ja kertymältään heikoista ensiharvennusleimikoista on kallista. Lisäksi raaka-aineen hävikki korjuussa ja tehdaskäsittelyssä on suuri, ja monia ensiharvennuspuiden ominaisuuksia pidetään massa- ja paperiteollisuuden kannalta heikkoina.

Ensiharvennukset ovat tarpeen tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksien turvaamiseksi. Myös metsähakkeen tuotantotavoitteen saavuttaminen edellyttää pienpuun korjuun lisäämistä. Korkeiden korjuukustannusten ja metsuripulan vuoksi harvennushakkuumenetelmien kehittäminen on tärkeää. Osapuumenetelmän perusajatukseksi on alentaa puunkorjuun kustannuksia vähentämällä tarpeettomia työvaiheita ja lisäämällä hakkuukertymää. Se soveltuu

integroitua aines- ja energiapuun korjuuseen. Tavanomaisilla hakkuulaitteilla osapuuta ei kuitenkaan pystytä valmistamaan vielä siten, että osapuumenetelmä olisi kilpailukykyinen tavaralajimenetelmän kanssa ainespuun korjuussa (Korpilahti ym. 1998).

Ensiharvennuskorjuun puunkorjuun ajankohtainen ongelma erityisesti Pohjanmaalla. Alueen ensiharvennuksia on mahdollista lisätä, kun UPM-Kymmene Oyj:n sellutehtaan laajennus valmistuu vuonna 2004. Laajennuksen myötä pyöreän kuitupuun tarve lisääntyy 0,8 milj. m³/v. Sellutehtaan yhteydessä on sähköä, kaukolämpöä ja prosessihöyryä tuottava Alholmens Kraftin suurvoimala. Puuperäisten polttoaineiden osuus energiantuotannossa on 40-50 %, mikä vastaa 1 500 GWh:ta vuosittain. Tästä hakkuutähteen osuus 300 GWh (Alholmens Kraft 2003).

Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla selvitettiin UPM-Kymmene Oyj:n metsäosaston aloitteesta päätehakkutähteen korjuussa käytettävän paalausmenetelmän soveltuvuutta integroitua aines- ja energiapuun korjuuseen ensiharvennuksilla. Idea-asteella olevassa koneessa on keräävä kaatolaite ja paalausyksikkö. Puut korjataan osapuuna siten, että latvuksen ylin osa jätetään metsätähteksi. Latvakappaleen katkaisemisella pienennetään ravinnemenetyksiä ja parannetaan selluhakkeen laatua. Paalattavaan käyttöosaan kuuluu runko latvakappaletta lukuun ottamatta sekä käyttöosan latvusmassa (kuva 1). Runkopuu erotetaan kuorimossa selluntuotantoon ja rungon kuori ja latvusmassa ohjataan energiantuotantoon. Menetelmän pääasiallinen käyttöalue olisi kuitenkin pelkän energiapuun korjuun nuoren metsän

kunnostuskohteiden kaltaisista ensiharvennusleimikoista.

Korjattava energiapuosite kompensoi pienestä kuitupuukertymästä aiheutuvia kustannuksia. Karsinnasta luopuminen, katkonnan väheneminen ja puiden joukkokäsittely voivat alentaa hakkuukustannuksia. Paalaaminen tiivistää kuormia, joten kuljetuskustannukset alenevat suuremman kuormakoon ansiosta. Lähi- ja kaukokuljetus voidaan suorittaa tavanomaisella kalustolla. Korjuuketju on joustava, sillä aines- ja energiapuujakeet erotetaan toisistaan vasta sellutehtaan kuorimossa.

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää edellytyksiä kehittää päätehakkuutyö-

mailla käytettävästä paalausmenetelmästä ensiharvennusolosuhteissa toimiva. Tässä artikkelissa menetelmää arvioidaan saatavan lisäraaka-aineen määrään ja puuston maanpäällisten osien biomassa- ja ravinnetaseiden perusteella. Hankkeen loppuraportissa (Jylhä 2003) kuvataan myös karsitun ensiharvennumännyn ja osapuupaalien muodostaman seoksen sellu- ja energiaominaisuuksia, joita tutkittiin tehdasmittakaavaisen kuorintakokeen ja koekeittojen ja -valkaisujen avulla.

2. Aineisto ja menetelmät

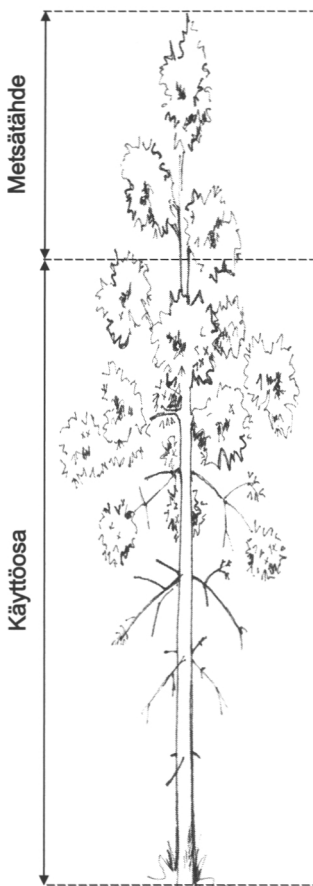
2.1 Maastoaineisto

Kuorintakokeessa käytetty osapuu korjattiin Soinissa sijaitsevasta 35-vuotiaasta, kylvämällä perustetusta VT ensiharvennusleimikosta, jonka pinta-ala oli 10,7 ha. Puustotunnukset selvitettiin mittaamalla ennen hakkuuta 12 kpl 100 m²:n ympyräkoaloja (taulukko 1). Koepuista sahattiin myös näytekiekkoja runkopuun kuiva-tuoretiheyden ja rungon kuoriosuuden määrittämiseksi.

Hakkuun jälkeen tehdyn inventoinnin mukaan puita kaadettiin 735 kpl/ha, joista korjattiin 685 kpl/ha. Kuorellisen runkopuun poistuma oli 40,0 m³/ha (6,6 m²/ha). Poistettujen puiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli 10,5 cm (sd = 3,7 cm).

Leimikko harvennettiin Timberjack 770 -alustakoneeseen asennetulla, leikkaavalla Timberjack 730 -keräilykaatopäällä. Osa leimikosta jouduttiin ajan puutteen vuoksi hakkaamaan metsurityönä. Hakkuun työohjeena oli katkaista puut 45 mm:n läpimittaan, mutta toteutunut keskimääräinen katkaisuläpimitta oli 57 mm (sd = 5,5 mm).

Kuljetuspituuksiin katkottu tuore osapuu ajettiin vakiovarusteisella metsätraktorilla tien varteen, jossa se paalattiin niipuksi Fiberpak -hakkuutähdepaalaimella (kuva 2). Koneenkuljettajan kirjanpidon mukaan paaleja kertyi leimikolta 674 kpl.



■ Kuva 1. Poistettavien puiden jako aines- ja energiapuuta sisältävään käyttöosaan ja maahan jäävään metsätähdeeseen.

- Taulukko 1. Koemetsikön keskimääräiset puustotunnukset ennen hakkuuta ja niiden vaihtelu koealoittain (n = 12).

	Keskiarvo	Keskihajonta
Runkoluku, kpl/ha	1508	350
Pohjapinta-ala, m ² /ha	15,5	3,1
Aritm. keskiläpimitta, cm	10,8	1,0
Keskipituus, m	9,9	0,4
Latvusraja, m	4,9	0,3
Kuorell. runkotilavuus, m ³ /ha	90	18



- Kuva 2. Osapuun paalusta tienvarsivarastolla.

Paalauksen yhteydessä nipuista otettiin 31 kosteusnäytettä, jotka jaettiin biomassaositeisiin. Varastoalueelle varisseen paalustähteen määrä selvitettiin suuntaa antavasti. Koemetsiköstä inventoitiin hakkuun jälkeen hakkuupoistuma ja metsätähteen määrä. Biomassaositteiden kuivamassat johdettiin tuoremassoista laboratoriossa tehtyjen kosteusmääritysten avulla.

2.2 Tulosten laskenta

Koemetsikön hakkuupoistuma laskettiin biomassa-aineistojen ja tehdasvastaanoton ilmoittamien osapuukuormien tuoremassojen avulla. Katkaisuläpimitan vaikutus hakkuupoistumaan laskettiin Metsätehossa kehitetyllä laskentaohjelmalla. Laskelmissa käytettiin taulukossa 2 esitettyjä parametreja. Parametrien vaihtelua rungon pituussuunnassa ei otettu huomioon.

Hakkuupoistuma jaetaan osapuupaalien muodostamaan hakkuukertymään, tienvarsivarastolle varisseeeseen paalustähteeseen ja kasvupaikalle jääneeseen metsätähteeseen, jolla tarkoitetaan käyttörunkojen latvakappaleita. Maahan varisseeet kuolleet

■ Taulukko 2. Puuston kuitu- ja energiaominaisuudet.

Ominaisuus		Lähde
Rungon kuoren tilavuusosuus	15,2 %	1)
Rungon kuoren kuivamassaosuus	12,5 %	1)
Runkopuun kuiva-tuoretiheys	416 kg/m ³	1)
Rungon kuoren kuiva-tuoretiheys	267 kg/m ³	2)
Oksakuoren osuus elävien oksien kuivamassasta	37,1 %	3)
Oksapuun kuiva-tuoretiheys	424 kg/m ³	4)
Oksakuoren kuiva-tuoretiheys	311 kg/m ³	4)
Neulasten kuiva-tuoretiheys	373 kg/m ³	5)

- 1) Tämä tutkimus 2) Hakkila ym. 1995 3) Hakkila 1991
 4) Kärkkäinen 1976 5) Gislerud 1974

■ Taulukko 3. Lähtöpuuston tilavuuden ja kuivamassan jakaantuminen biomassaosittisiin.

	Tilavuus		Kuivamassa	
	m ³ /ha	%	kg/ha	%
Runkopuu	76,5	64	31 842	68
Rungon kuori	13,5	11	3 606	8
Oksapuu	9,6	8	4 087	9
Oksien kuori	7,8	7	2 411	5
Neulaset	7,1	6	2 634	6
Kuolleet oksat	5,2	4	1 999	4
Yhteensä	119,7	100	46 579	100

oksat eivät ole mukana tarkasteluissa.

Puuston maanpäällisten osien ravinnepitoisuuden laskennassa käytettiin Mälkösen (1975) esittämiä biomassaositteiden ravinnepitoisuuksia. Jäävän puuston hehtaarikohtainen kuivamassa ja sen jakaantuminen ositteisiin laskettiin lähtöpuuston ja hakkuupoistuman kuivamassojen erotuksena.

Lähtöpuuston kuolleiden oksien kuivamassaksi oletettiin 22,2 kg kuorellista runkopuukuutiometriä kohti (Hakkila 1995). Kuolleiden oksien kuiva-tuoretiheyttä ei tunneta. Sen oletettiin vastaavan elävien oksien puuaineen ja kuoren kuivamassaosuuksilla painotettu keskiarvoa 382 kg/m³.

3. Tulokset

3.1 Biomassatase

3.1.1 Lähtöpuusto

Lähtöpuuston kokonaistilavuus ilman kuolleita oksia oli noin 120 m³/ha ja kuivamassa oli noin 46 500 kg/ha (taulukko 3).

3.1.2 Hakkuupoistuma

Hakkuupoistuman kuivamassa oli yhteensä noin 19 000 kg/ha (taulukko 4), mikä on 40 % lähtöpuuston kuivamassasta. Lähinnä latvuksista koostuvan metsätähteen osuus oli 15 % (7,5 m³/ha) hakkuupoistu-

masta. Paalien keskimääräinen kosteus oli 53 %, joten hakkuukertymän tuomassa oli noin 33 000 kg/ha (40 m³/ha). Ajourat lisäsivät hakkuukertymää merkittävästi, sillä niiden osuus oli 21 % leimikon pinta-alasta.

Paalauspaikalle varisi 4 % (1,6 m³/ha) potentiaalisesta hakkuukertymästä paalaus-tähteen muodossa. Paalauhävikkiä lisäsivät lyhyet runkokuun kappaleet, joita putoi maahan paalauksen ja paalien käsitte-lyn aikana (kuva 3). Irtoavien kappaleiden määrää lisäsi metsässä tehty runkojen kuljetuspituuksiin katkominen.

■ Taulukko 4. Hakkuupoistuman kuivamassat

	Paalit		Paalaus hävikki		Metsätähde	
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Runko	12 987	83	192	32	1 121	39
- puu	11 305		161		981	
- kuori	1 682		31		140	
Elävät oksat	1 317	9	119	20	977	34
Neulaset	309	2	128	21	734	26
Kuolleet oksat	943	6	158	27	22	1
Yhteensä	15 555	100	596	100	2 854	100



■ Kuva 3. Kuorintakokeessa käytettyjä osapuupaaleja.

3.2 Ravinnetase

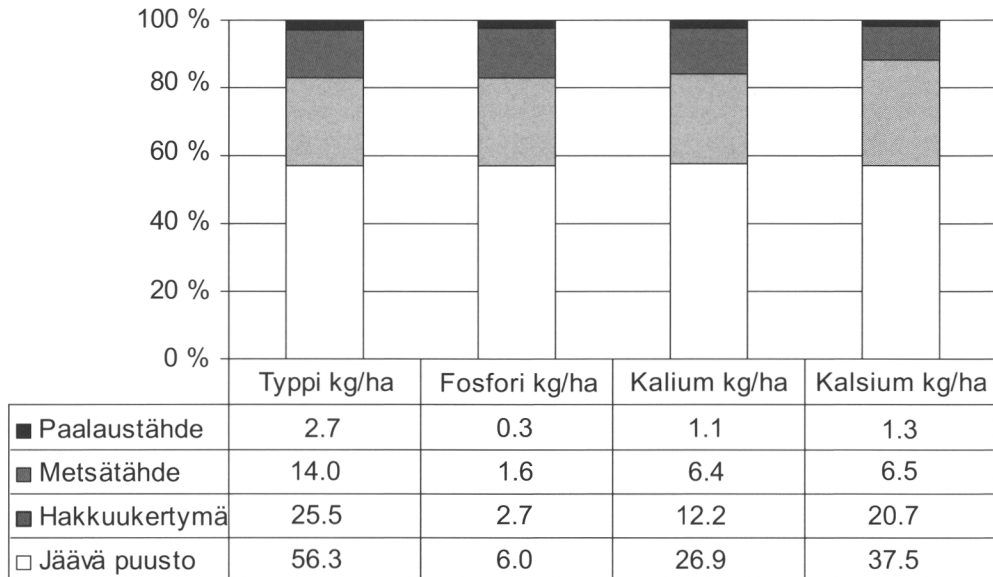
Hakuussa kasvupaikalta poistui osapuupaaleissa 26 % puuston maanpäällisten osien typestä, fosforista ja kaliumista sekä 31 % kalsiumista (kuva 4).

Taulukossa 5 on verrattu ravinnepoistumia vaihtoehtoisilla korjuumenetelmillä. Esimerkiksi tyypeä poistuisi osapuupaalien mukana noin 85 % enemmän kuin korjattaessa pelkkää runkopuuta tavaralajimenetelmällä, mutta noin 40 % vähemmän kuin kokopuumenetelmällä.

3.3 Korjuumenetelmän ja katkaisuläpimitan vaikutus hakkuukertymään

Käyttöosan vähimmäisläpimitan alentaminen 6 cm:stä ei koemetsikössä lisäisi ainespuukertymää olennaisesti (kuva 5). Kuorellisen runkopuun kertymä olisi esimerkiksi kileimikossa lisääntynyt noin 2 m³/ha (6 %), jos käyttöosan vähimmäisläpimita olisi alennettu 6 cm:stä Pietarsaaren tehtaan kuorintarummun sallimaan 4,5 cm:iin. Vertailulaskelmissa käyttöosan vähimmäispituudeksi oletettiin 27 dm.

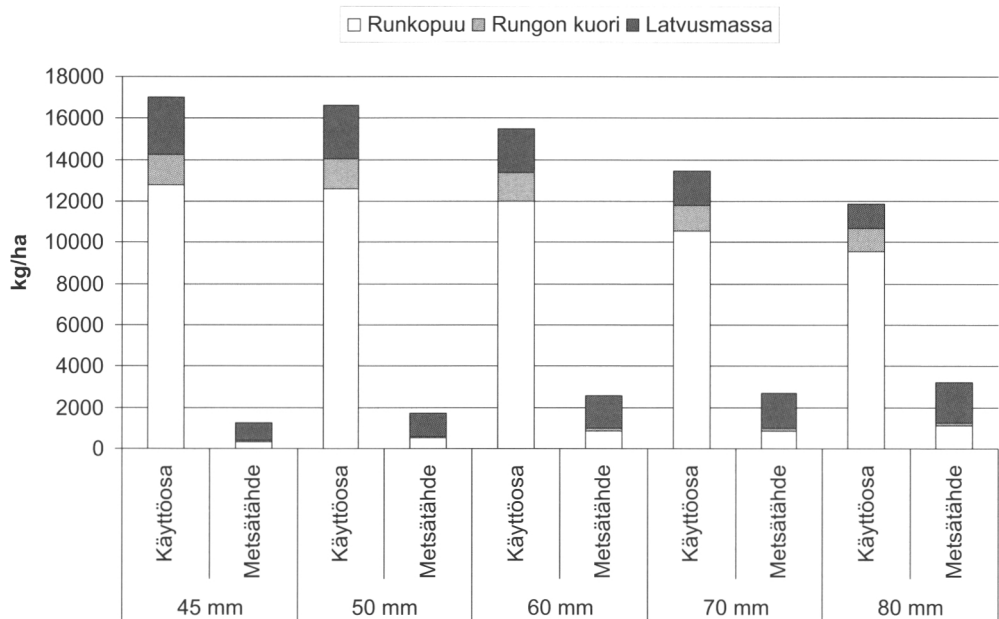
Nykyisellä 6 cm:n läpimitalla energia-puun kertymä (rungon kuori, elävät oksat ja neulaset) ilman paalaushävikkiä lisääntyisi osapuumenetelmää käyttäen 2 083 kg/ha (noin 150 %) tavaralajimenetelmään verrattuna. Energiapuukertymä ilman paalaus-



■ Kuva 4. Koeleimikon puuston maanpäällisten osien ravinnetase.

■ Taulukko 5. Koeleimikon ravinnepoistuma vaihtoehtoisilla puunkorjuumenetelmillä.

	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha
Tavaralajimenetelmä	13,6	1,5	7,5	14,0
Osapuumenetelmä	25,4	2,7	12,1	20,6
Kokopuumenetelmä	42,1	4,5	19,6	28,4



■ Kuva 5. Käyttöosan vähimmäisläpimitan vaikutus hakkuupoistuman kuivamassajakaumaan.

■ Taulukko 6. Käyttöosan vähimmäisläpimitan vaikutus käyttörunkojen keskitunnuksiin.

Min. lpm, mm	Kpl/ha	Minimiringon $d_{1,3}$ -luokka	Keskilpm, cm	Keskipit., dm	Käyttöosan tilavuus, dm^3
45	645	6	10,8	10,0	56
50	645	6	10,8	10,0	55
60	600	7	11,1	10,2	57
70	420	9	12,6	10,8	71
80	355	10	13,3	11,1	76

hävikkiä kolminkertaistuisi, jos läpimitta alennettaisiin 4,5 cm:iin ja käytettäisiin osapuunmenetelmää tavaralajimenetelmän asemesta. Kuolleet oksat eivät olleet mukana vertailulaskelmissa. Niiden kertymä esimerkkileimikossa oli 625 kg/ha.

Läpimitan alentaminen ei koeleimikossa heikentäisi olennaisesti puunkorjuun yksikkökustannuksiin vaikuttavia käyttörunkojen keskitunnuksia (taulukko 6). Pelkässä energiapuun korjuussa vähimmäisläpimitan alentaminen lisäisi voimakkaammin hakkuukertymää, sillä paalattavaksi tulisi myös ainespuun mitat alittavia runkoja.

4. Päätelmiä

Energiapuun kertymää voidaan integroidussa aines- ja energiapuun korjuussa lisätä huomattavasti käyttämällä osapuunmenetelmää tavaralajimenetelmän asemesta. Lisäys riippuu käyttöosan vähimmäisläpimitasta. Esimerkkileimikossa latvusmassa lisäsi energijakeen kertymää 110 - 190 % vähimmäisläpimitan vaihdellessa 8 cm:n ja 4,5 cm:n välillä. Ainespuun kertymään korjuumenetelmällä ei voida vaikuttaa muuttamatta käyttöosan vähimmäismittoja. Vähimmäisläpimitan alentamisella saavutetta-

va hakkuukertymän lisäys riippuu puuston läpimittajakaumasta.

Katkaisemalla latvukset ja jättämällä ne metsään voidaan pienentää ravinne-
netyksiä kokopuukorjuuseen verrattuna. Mikäli paalausmenetelmästä onnistutaan kehittämään palstalla toimiva sovellus, ravinne-
netyksiä voidaan vähentää edelleen. Tällöin myös paalustähde jää kasvupaikalle. Ravinnepoistumat kaikilla vertailuilla menetelmillä olivat kuitenkin varsin vähäisiä metsämaan ravinnevaroihin verrattuna. Kivennäismailla puuston kasvua rajoittaa useimmiten käyttökelpoisen typen määrä (Mälkönen ym. 2001). Koe-
metsikössä kasvupaikalta poistui typpeä 25 kg/ha, mikä on noin 2 % eteläsuomalaisen kuivahkon kankaan juuristokerroksen kokonaistypen määrästä (Tamminen 1998). Ilmasta tuleva typpilaskeuma on kasveille käyttökelpoisessa muodossa ja se kompensoi ravinne-
netyksiä. Eteläisimmässä Suomessa vuotuinen ammonium- ja nitraattitypen kokonaislaskeuma on noin 10 kg/ha ja pohjoisimmassa Lapissa noin 1 kg/ha (Mälkönen 1990).

Paalausmenetelmä soveltuneekin hyvin metsähakkeen suurtuotantoon, kun puuta korjataan pelkästään energiakäyttöön. Edellytyksenä on, että korjuukone pystytään kehittämään ensiharvennusolosuhteissa toimivaksi ja kustannuksiltaan kilpailukyiseksi. Integroidussa aines- ja energiapuun korjuussa sekapuusto rajoittaa menetelmän käyttöä, sillä havu- ja lehtipuu käyttäytyvät kuorinnassa ja keitossa eri tavoilla.

Kirjallisuus

Alholmens Kraft. 2003. <http://www.alholmenskratf.com>.
Gislerud, O. 1974. Helttreutnyttelse. II. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, bjork og or. Summary: Whole tree utilization. II. Biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Rapp. Norsk Inst. Skogforsk. 6/74:1–59.

Hakkila, P. 1991. Hakuu-poistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. Folia Forestalia 773. 24 s.
Hakkila, P., Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennumänniköt kuitu- ja energialähteinä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 852. 93 s. + 6 liites.
Imponen, V. 2002. Tulevaisuuden vaihtoehdot: Puuhuolto huolettua – vähentäisikö tiedon lisääminen tuskaa? Metsäteho 2/2002:3–5.
Jylhä, P. 2003. Ensiharvennumännyn paalaaminen osapuuna integroidussa aines- ja energiapuun korjuussa. Loppuraportti. Käsikirjoitus. Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. MMM:n julkaisuja 2/1999. 38 s.
Korpilahti, A., Varhimo, A., Backman, M. & Rieppo, K. 1998. Karsimattoman puun korjuu ensiharvennuksilta. Bioenergian tutkimusohjelma – Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Loppuraportti 9.12.1998. Metsäteho Oy 33 s.
Kärkkäinen, M. 1976. Puun ja kuoren kuiva-
tuoretiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Silva Fennica 10(3):212–236.
Metsätilastollinen vuosikirja 2002. 2002. Metsäntutkimuslaitos. 378 s.
Mälkönen, E. 1990. Effects of nitrogen inputs on forest ecosystems. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. Acidification in Finland. Springer-Verlag. s. 325–347.
Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Julkaisussa: Nurmi, J. & Kokko, A. 2001. Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816:31–52.
Tamminen, P. 1998. Maaperätekijät. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.). Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 691:64–75.
Ylitalo, E. (toim.) 2003. Puupolttoaineen käyttö energiantuotannossa vuonna 2002. Metsätilastotiedote 670. Metsäntutkimuslaitos, metsätilastollinen tietopalvelu.

Haittojen vähentäminen metsätaloudessa radioaktiivisen laskeuman jälkeen

Lasse Aro

*Metsäntutkimuslaitos
Parkanon tutkimusasema*

Aino Rantavaara

Säteilyturvakeskus

Johdanto

Keväällä 1986 Tshernobylistä tapahtui vakava ydinvoimalaonnettomuus, jonka seurauksena myös Etelä-Suomeen tuli varsin laaja-alainen radioaktiivinen laskeuma. Onneksi laskeuman radioaktiivisuus jäi varsin pieneksi (suurimmillaankin 45 - 80 kBq m⁻², Arvela ym. 1990), joten marjojen, sienten ja riistan käyttöä rajoitettiin vain tilapäisesti. Puun käyttöä silloisen laskeuman johdosta ei ole tarvinnut rajoittaa. Tshernobylin kaltaisen erittäin vakavan ydinlaitosonnettomuuden uusiutumisen mahdollisuutta pidetään pienenä, mutta varautuminen vastaaviin säteilytilanteisiin on siitä huolimatta tärkeä osa ympäristöriskien hallintaa metsätaloudessa.

Radioaktiivisena laskeumana metsään tulleet radioaktiiviset aineet eli radionuklidit jäävät luokoiselta osaltaan metsän ravintokiertoon. Pintamaa ja varsinkin humuskerros toimivat radionuklidien varastona. Radionuklidien tärkein poistumistie metsäympäristöstä on niiden fysikaalinen hajoaminen; esim. radioaktiivisen cesiumin (¹³⁷Cs) puoliintumisaika on 30 vuotta.

Heti laskeuman jälkeen puuaines on puhdasta, mutta se saastuu vähitellen ravinteiden oton yhteydessä. Tieto puun eri osien saastumisen nopeudesta ja määrästä helpottaa hakkuiden ja vastatoimenpiteiden ajoituksen suunnittelua laskeuman jälkeen. Kasvatusmetsät ja uudistuskypsät metsiköt ovat toimenpiteiden kannalta kiireellisim-

mät kohteet. Sen sijaan taimikoissa ei ole tarvetta nopeisiin toimenpiteisiin.

Vastatoimenpiteiltä edellytetään, että ne vähentävät radioaktiivisuutta puustossa säteilysuojelullisesti riittävän tehokkaasti. Toimenpiteiden on oltava teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia ja yhteisön hyväksymiä. Toimenpiteet eivät myöskään saa aiheuttaa ympäristönsuojelullisia ongelmia eivätkä altistaa toteuttajiaan.

Metsän lannoitus säteilyn vastatoimena laskeumatilanteessa

Metsäntutkimuslaitoksen ja Säteilyturvakeskuksen 1990-luvulla aloittamat tutkimukset ovat toistaiseksi keskittyneet niukkaravinteisille kasvupaikoille, joilla kasvien radiocesiumin oton tiedetään olevan runsainta. Näiden tase- ja neulastutkimusten yhteydessä on varmistunut, että lannoitus vähentää radiocesiumin (¹³⁷Cs) ottoa metsäkasvillisuudessa (taulukko 1). Esimerkiksi männyn runkopuuhun ja neulasiin sitoutunut ¹³⁷Cs -aktiivisuus laskee parhaimmillaan noin 90 % ja oksien noin 70 % puolukkatyyppin männikössä (Moberg ym. 1999). Samalla kasvupaikalla kahdesti tehty NPK-lannoitus pienensi alikasvoskuusten eri ositteiden ¹³⁷Cs-pitoisuuksia 73 - 92 % (Aro ym. 2002).

Kauniston ym. (2002a) tutkimuksessa selvitettiin turvekankaalla lannoituksen vaikutusta kaliumin ja radioaktiivisen cesiumin pitoisuuksiin ja määriin männyn eri ositteissa (mm. puuaines, kuori, oksat ja neulas) ja turpeessa yhdeksän vuotta Tshernobylistä tulleen radioaktiivisen laskeuman jälkeen (taulukko 1). Neulasanalyysin tulosten mukaan mäntyjen radioaktiivisen cesiumin (¹³⁷Cs) otto lisääntyi sel-

Menetelmä	Kasvupaikka	Kasvilaji	Materiaali	Aika (vuotta) toimen- piteestä	lasku- masta	Vaikutus, %	Lähde
Lannoitus							
NPK+NPK	VT	kuusi	puu, kuori, oksat, neulas	18, 13	12	73-92	(Aro ym. 2002)
NPK	Vatkg	mänty	puu, kuori, oksat, neulas	34	9	8-23	(Kaunisto ym. 2002a)
PK/NPK+NPK+	Vatkg	mänty	puu, kuori, oksat, neulas	38, 18, 1	9	33-58	(Kaunisto ym. 2002a)
PK							
PK/NPK	Vatkg	mänty	neulas	25	4	47	(Kaunisto ym. 2002b)
PK/NPK+NPK	Vatkg	mänty	neulas	25, 13	4	60	(Kaunisto ym. 2002b)
NPK+NPK	VT	pinta- kasvillisuus	maanpäälliset osat	18, 13	12	50-85	(Moberg ym. 1999)
PK+K	Pitkg	pinta- kasvillisuus	maanpäälliset osat	22, 9	12	32-62	(Moberg ym. 1999)
Puuntuhka	EVT	puolukka	marjat	2 ja 7	6 ja 11	23-78	(Levula ym. 2000)
Muut							
Kulotus	EVT	puolukka	marjat	7	11	55	(Levula ym. 2000)
Kalkitus	CT	mänty	runko, oksat neulas	5	6	17-28	(Rantavaara & Raitio 2002)
Maanmuokkaus	CT	mänty	runko, oksat neulas	5	6	15-17	- - -
Kalkitus + maanmuokkaus	CT	mänty	runko, oksat neulas	5	6	46-58	- - -
				5	6	57-62	- - -
				5	6	58-71	- - -
				5	6	66-69	- - -

■ Taulukko 1. Metsänhoidon toimenpiteiden ¹³⁷Cs-pitoisuuksia vähentävä vaikutus eri kasvimateriaaleissa kivennäis- ja turvemalla 4–12 vuotta Tshernobylin laskeuman jälkeen (Rantavaara & Aro 2002). Vaikutus-% = käsitellyn aiheuttama pitoisuuden vähentyminen verrattuna käsittelemättömään kontrolliin.

västi voimakkaassa kaliumin puutoksessa. Kaliumia sisältävien lannoitteiden käyttö vähensi männyn cesiumin ottoa huomattavasti ja varsin pitkäaikaisesti. Lannoitus oli myös nopeuttanut jonkin verran cesiumin siirtymistä turveprofiilissa alaspäin puiden aktiivisen ravinnekierron ulkopuolelle.

Kalium ja cesium kuuluvat molemmat samaan alkuaineryhmään eli alkaliometalleihin. Ne ovat kemiallisilta ominaisuuksiltaan varsin samankaltaisia. Esimerkiksi kallioperässä cesium esiintyy pääasiassa alumiinia sisältävissä silikaateissa yhdessä sitä kemiallisesti muistuttavien rubidiumin ja kaliumin kanssa (Koljonen 1992). Cesiumilla ei tiedetä olevan mitään merkitystä kasvien elintoiminnoissa, mutta kemiallisen samankaltaisuuden takia kasvit ottavat sitä varsin helposti kaliumin oton yhteydessä. Lannoituksella maahan lisätään kasvien helposti käytettävissä olevaa kaliumia, jolloin cesiumin otto vähenee.

Kasvupaikan ominaisuudet huomioivalla lannoituksella voidaan siis vähentää huomattavasti metsän biomassan eri ositeisiin sitoutuvan radioaktiivisen cesiumin määrää ja pitoisuuksia. Alustavien laskelmien mukaan toiminta voi olla myös taloudellisesti kannattavaa. Esim. puolukkatyyppin 40-vuotiaan männikön lannoitus typellä (150 kg ha^{-1}) ja kaliumilla (80 kg ha^{-1}) mahdollistaa puuston harvennushakkuut ja päätehakkuun optimikasvatusohjelman mukaisesti tilanteessa, jossa metsä on saanut noin kymmenkertaisen laskeuman verrattuna Tshernobylistä Suomeen tulleeseen laskeumaan (Rantavaara ym. 2002). Lannoituksella voidaan siten turvata metsäteollisuuden raakapuun saanti sekä hakkuutähteiden käytettävyys bioenergiana mahdollisessa laskeumatilanteessa. Myös metsien monikäytöstä väestölle aiheutuva säteilyaltistus vähenee, kun metsän muiden tuotteiden radioaktiivisuus pienenee lannoituksella.

Lannoituksen etuina laskeuman haittojen vähentämisessä ovat mm. sen soveltuvuus monien kasvupaikkojen ja laajojen alueiden nopeaan käsittelyyn. Vastatoimen-

piteen vaatiman kaliumin ohella voidaan samalla käyttää toimenpiteen kannattavuutta ja metsien kasvua oleellisesti parantavia lisäravinteita, kivennäismailla typpeä tai typpeä ja fosforia, turvemailla fosforia. Lannoitus puuntuhkalla on myös käyttökelpoinen vaihtoehto. Jos tuhkaan on konsentroitunut radioaktiivisuutta, tuhkan käytössä on noudatettava asiaa koskevaa säteilyturvallisuusohjetta (Säteilyturvakeskus 2003).

Varautuminen laskeumatilanteisiin

Suomessa tulee varautua laaja-alaisiin laskeumatilanteisiin suunnittelemalla ennakolta oloihimme soveltuvia toimenpiteitä ja kehittämällä käytännön ohjeita puuntuotannon ja ihmisten turvaamiseksi vakavien säteilytilanteiden varalle. Tämä on mahdollista, kun riittävä kokonaisvaltainen tietämys metsien radioekologiasta on hankittu tutkimuksen keinoin.

Metsänhoidon menetelmät tarjoavat keinoja lieventää laskeuman haittoja metsätaloudelle (Hubbard ym. 2002). Metsätalouden neuvonta- ja valvontaorganisaatiot muodostavat asiantuntevan päätöksenteon puitteet ja tiedonkulun kanavat metsiin kohdistuvassa säteilytilanteessa. Ensijaisista on pystyvä arvioimaan hakkuusuunnitelmat uudelleen säteilytilanteen ja puun saastumisenusteidien avulla. Toiseksi voidaan valmistella hyvin kohdennetut hoito- ja lannoitussuositukset niihin metsiin, joiden tuotteet voivat saastua liikaa, mutta jotka voidaan siitä huolimatta palauttaa toimenpiteiden avulla normaaliin käyttöön.

Lisää tutkimustietoa tarvitaan lannoituksen optimaalisesta kaliummäärästä ja ajoituksesta erilaisilla kasvupaikoilla. Nykyisin on erityisen vähän tietoa käytettävissä viljavilta kasvupaikoilta. Puulajien osalta lisätutkimukset tulisi kohdistaa koivuun ja kuuseen. Samoin kaivataan lisätietoa metsien uudistamisessa käytettävien muokkaus- ja maanparannusmenetelmien vaikutuksista radioaktiivisten

cesiumin ja strontiumin kiertoon maan ja metsäkasvillisuuden välillä. Kalkituksen vaikutuksista männyn taimien radioaktiivisen strontiumin ottoon on toistaiseksi julkaistu vasta alustavia tuloksia yhdeltä kasvupaikalta (Rantavaara & Raitio 2002), joten kalkitus strontiumlaskeuman vastatoimenpiteenä happamilla kasvupaikoilla sisältyy myös tutkimustarpeisiin.

Laskeumatilanteen kartoittamiseksi tarvitaan nopeasti käynnistyvä näytteenotto ja näytteiden analysointi, jotta sopivat toimenpiteet voidaan valita, kohdistaa ja ajoittaa tilanteeseen nähden oikein. Näytteenotosta vastaavien organisaatioiden koulutus sekä tiedotus- ja neuvontavalmiuksien lisääminen eri metsäorganisaatioissa ja metsähallinnon kaikilla tasoilla kuuluvat myös laskeumatilanteisiin varautumiseen.

Metsäteollisuuden kannalta puuraaka-aineen monipuolinen hankinta sekä metsätalouden ja metsien monikäytön kannalta metsien hyvän kasvukunnon säilyttäminen ovat varmoja keinoja lieventää ennakolta radioaktiivisen laskeuman haittoja.

Kirjallisuus

- Aro, L., Rantavaara, A., Raitio, H. & Vetikko, V. 2002. Effect of fertilisation on ¹³⁷Cs in understory spruces on a dryish pine site. *Radioprotection - Colloques 37(C1)*: 427–432.
- Arvela, H., Markkanen, M. & Lemmelä, H. 1990. Mobile survey of environmental gamma radiation and fall-out levels in Finland after the Chernobyl accident. *Radiation Protection Dosimetry 32(3)*: 177–184.
- Hubbard, L., Rantavaara, A., Andersson, K. & Roed, J. 2002. Tools for forming strategies for remediation of forests and park areas in northern Europe after radioactive contamination: background and techniques. Report NKS-52, Roskilde: Nordic Nuclear Safety Research, 54 s.
- Kaunisto, S., Aro, L. & Rantavaara, A. 2002a. Effect of fertilisation on the potassium and radiocaesium distribution in tree stands (*Pinus sylvestris* L.) and peat on a pine mire. *Environmental Pollution 117(1)*: 111–119.
- 2002b. Effect of fertilisation and drainage intensity on the foliar radiocaesium and potassium concentrations of Scots pine on a drained peatland. *Radioprotection - Colloques 37(C1)*: 569–572.
- Koljonen, T. 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. The Geochemical Atlas of Finland, Part 2: Till. Geologian tutkimuskeskus - Geological Survey of Finland, Espoo, 218 s.
- Levula, T., Saarsalmi, A. & Rantavaara, A. 2000. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and ¹³⁷Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management 126*: 269–279.
- Moberg, L., Hubbard, L., Avila, R., Wallberg, L., Feoli, E., Scimone, M., Milesi, C., Mayes, B., Iason, G., Rantavaara, A., Vetikko, V., Bergman, R., Nylen, T., Palo, T., White, N., Raitio, H., Aro, L., Kaunisto, S. & Guillitte, O. 1999. An integrated approach to radionuclide flow in semi-natural ecosystems underlying exposure pathways to man. Final report of the LANDSCAPE project. SSI Report 99:19. Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm. 104 s.
- Rantavaara, A. & Aro, L. 2002. Radioecology and management of contaminated forests. *Julkaisussa: Proceedings XIII Ordinary Meeting of the Nordic Society for Radiation Protection in Turku, Finland, August 25–29, 2002*. 4 s.
- Rantavaara, A., Aro, L. & Aarnio, J. 2002. Sustainable remediation of forests after ¹³⁷Cs contamination. *Julkaisussa: Børretzen, P., Jølle, T. & Strand, P. (toim.). Proceedings from the International Conference on Radioactivity in the Environment, 1-5 September 2002, Monaco. Posters, CD-rom appendix*. 5 s.
- Rantavaara, A. & Raitio, H. 2002. ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr root uptake of pine saplings in a managed forest. *Radioprotection - Colloques 37(C1)*: 565–568.
- Säteilyturvakeskus 2003. Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus. ST-ohje 12.2 (uusi versio ilmestyy 2003).

Kannus 2003
ISBN 951-40-1879-6
ISSN 0358-4283