

Metsäntutkimus

Metlan asiakaslehti

Nro 1/2005

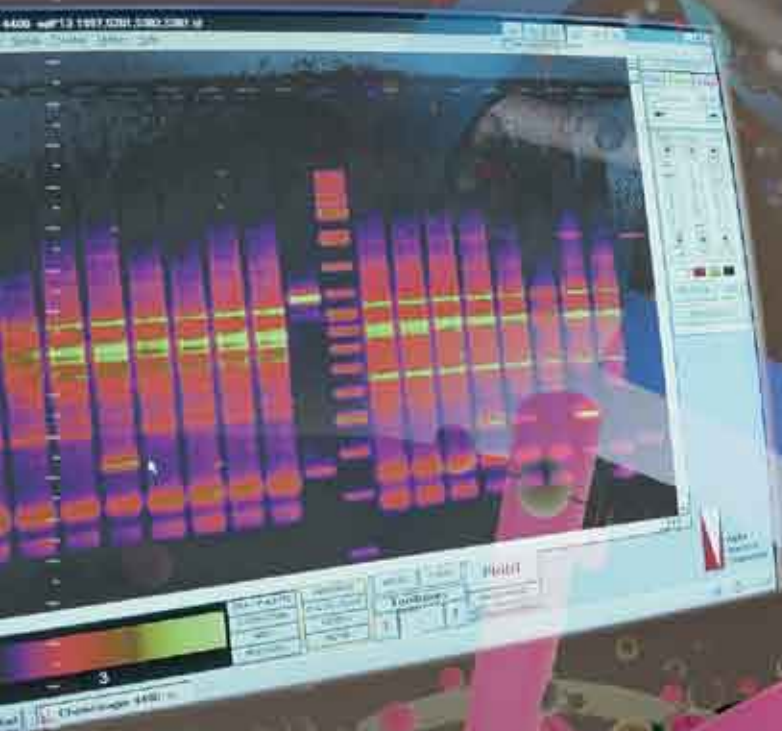
2/2005

3/2005

4/2005

*Geenitutkimus paljastaa
puun salaisuuksia*

Energiaa metsästä



Paperin tulevaisuus



Tasavallan presidentti Tarja Halonen vieraili 31.5. Metsäntutkimuslaitoksen Haapastensyrjän jalostusasemalla Lopen Läyliäisissä. Haapastensyrjä on metsänjalostustoiminnan keskus Suomessa. Vierailun lopuksi presidentti istutti puustoon oman nimikkopuunsa. Presidentin nimikkopuuksi oli valittu kynäjalava, joka on harvinaisin jaloista lehtiipuistamme. Vierailun isäntänä toimi Metlan ylijohdaja professori Hannu Raitio.

Ilmastonmuutos vaikuttaa havupuiden neulasiin ja kasvuun

Nykyinen hiilidioksidipitoisuus rajoittaa kasvien yhteytystä, ja hiilidioksidipitoisuuden nousun ennustetaan lisäävän kasvua. Havupuiden kyky sitoa hiilidioksidia yhteytyksessä on tärkeää paitsi metsän tuoton kannalta, myös ilmastonmuutoksen etene-
misen hidastajana. Tämä selviää Eeva Luomalan Kuopion yliopistoon tekemästä väitöskirjasta ”Kohotetussa ilman hiilidioksidipitoisuudessa ja lämpötilassa

kasvaneiden mäntyjen ja kuusten neulasten yhteytys, anatomia ja kemiallinen koostumus”.

Pohjoisella havumetsävyöhykkeellä kasvukauden aikaiset lämpötilat ovat usein matalia, joten myös lämpötilan kohoamisen voidaan olettaa lisäävän puiden kasvua. Puiden sopeutuessa kohonneeseen hiilidioksidipitoisuuteen lehdissä tapahtuu kuitenkin usein muutoksia, joiden vuoksi kasvun lisäys saattaa jäädä odotettua pienemmäksi. Ravinteiden puute voi syventää näitä muutoksia ja vähentää puiden hyötymistä kohonneesta hiilidioksidipitoisuudesta. Lämpötilan nousu sitä vastoin nopeuttaa karikkeen hajotusta ja lisää ravinteiden saatavuutta. Kokeellista tietoa kohonneen hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilan yhteisvaikutuksista havupuihin on vähän.

Väitöskirjassa tutkittiin kohotetun hiilidioksidipitoisuuden ja lämpötilan vaikutuksia männyn ja kuusen fysiologiaan ja kasvuun. Kokeissa ilman hiilidioksidipitoisuus ja lämpötila kohotettiin tasolle, jonka arvioidaan vallitsevan Suomessa tämän vuosisadan lo-

pulla. Kaikissa kokeissa tutkittiin oksien yhteytysominaisuuksia ja kerättiin neulasnäytteitä laboratoriotutkimuksiin, jotka toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen yksiköissä.

Kohotetussa hiilidioksidipitoisuudessa kasvaneilla nuorilla männynillä havaittiin usein neulasten yhteytyskyvyn laskua. Hiilidioksidilla ei odotusten vastaisesti ollut suurta vaikutusta männynneulasten anatomiaan, kun taas kohotetussa lämpötilassa kasvaneiden neulasten ilmarakotiheys oli pienempi ja ne olivat ohuempia kuin nykylämpötilassa kasvaneet neulaset. Kuusen ja männyn taimilla hiilidioksidi ei juurikaan vaikuttanut neulasten ominaisuuksiin tai toimintaan, kun taas kohotettu lämpötila johti yhteytyskomponenttien vähenemiseen. Kohotettu lämpötila yksinään lisäsi taimien kasvua, ja kasvun lisäys oli suurin, kun sekä hiilidioksidipitoisuutta että lämpötilaa kohotettiin.

Huolimatta neulasissa tapahtuvista muutoksista männyn ja kuusen kasvun voidaan olettaa li-

säätynyt tulevaisuuden ilmastossa. Neulasten sopeutumiseksi ja kasvulle ratkaisevaa on kuitenkin maaperän ravinteiden riittävyys. Tutkimuksessa havaittiin myös, että muutokset neulasten rakenteessa ja toiminnassa vaihtelivat suuresti vuodesta toiseen. Lisäksi taimien sopeutuminen erosi nuorten puiden vasteista, mikä osoittaa, että nuorilla puilla lyhytaikaisissa altistuksissa saatuja tuloksia on vaikea yleistää tukkipuuikää lähentelevän metsän vasteisiin.



Metla/Erkki Oksanen

Metsäteknologiasektorin visio vuoteen 2020: Metsäkoneiden valmistus Suomessa lisääntyy

Metsäkoneiden valmistus Suomessa kaksinkertaistuu ja tuo vuoteen 2020 mennessä 1000–2000 uutta työpaikkaa. Työpaikkojen lisäys olisi suurin Itä-Suomessa. Metsäkoneiden kokonaistuotanto on vuonna 2020 noin 6000–8000 kappaletta, mistä määrästä Suomessa valmistettaisiin 4000–4500 konetta. Metsäkonevalmistuksen volyyymi vastaa 120 000 keskihintaisen henkilöauton vuosituotantoa. Tämä selviää Metlan julkaisemasta työraportista Metsäteknologiasektorin visio ja tiekartta vuoteen 2020.

Perinteisessä puunjalostuksessa ja -korjuussa työpaikat ovat vähentyneet jatkuvasti, mutta metsäkoneiden valmistuksessa työpaikkojen määrä on kasvanut. Euroopassa ja muuallakin maailmassa on tapahtumassa korjuuteknologian uusjako: runkomenettelmä, jolla korjataan edelleen yli puolet maailman raakapuusta, on väistymässä tavaralajimenetelmän tieltä. Muutoksen seurauksena Suomen metsäkoneteollisuus kasvaa sekä liikevaihdoiltaan että työllistävyydeltään.

Monet teknologiset innovaatiot olisivat hyödyllisiä myös



Metla/Erkki Oksanen

metsäteknologiasektorilla, mutta niiden kustannustehokkaassa soveltamisessa metsäympäristössä on paljon kehitettävää. Konekonsepteja ja teknologiaa on kehitettävä erilaisten markkina-alueiden tarpeet huomioiden. Automaatiolla on keskeinen asema

kehityksessä. Tutkimushankkeen osarahoittajana on toiminut Teknologian kehittämiskeskus Tekes. **Julkaisu:** Asikainen, Antti, Ala-Fossi, Antti, Visala, Arto & Pulkkinen, Päivi. 2005. Metsäteknologiasektorin visio ja tiekartta vuoteen 2020. Metlan työraportteja 8. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp008.htm.

Metsätieteiden yhteinen väitöskirjasarja ”Dissertationes Forestales” avattu verkkoon

Suomen Metsätieteellisen Seuran, Helsingin yliopiston, Joensuun yliopiston ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteisen metsäväitöskirjasarjan Dissertationes Forestalesin www-sivut on avattu. Väitöskirjat ovat luettavissa osoitteessa www.metla.fi/dissertationes.

Metsätieteelliset väitöskirjat julkaistaan jatkossa sähköisessä muodossa. Dissertationes Forestales -sarjassa julkaistaan yliopis-

tojen tiedekunnilta väittelyluvan saaneita väitöskirjoja. Väitöskirjat julkaistaan yliopiston väitöstilaisuudessa julkisesti tarkastettavaksi esitetystä muodosta. Julkaistut väitöskirjat ovat vapaasti luettavissa ja kopioitavissa. Väitöskirjojen pääarkisto on Metsäntutkimuslaitoksen tietojärjestelmässä, mutta linkit väitöskirjoihin löytyvät myös yliopistojen omilta sivuilta.

Uusi tutkimusohjelma alkaa: Metsäluonnon monimuotoisuus ja yhteiskunta

Metlan uudessa tutkimusohjelmassa ”Metsien monimuotoisuuden turvaamisen keinot ja yhteiskunnalliset vaikutukset” (TUK) tehdään tutkimusta yhteistyössä tiedonkäyttäjien kanssa, jotka osallistuvat tutkimuksen suunnitteluun, toteutukseen ja tulosten käytäntöön vieniin.

Metsäluonnon suojelun taloudellisia vaikutuksia tutkitaan kahdessa tutkimushankkeessa. Toinen tarkastelee laajasti Suomen metsäsektoria muuttuvassa toimintaympäristössä ja toinen keskittyy puun hankintamahdollisuuksiin ja paikallistalouteen. Tutkimuksen kohteena ovat muun muassa suojelun vaikutukset metsäteollisuuden tuotantoon ja vieniin, kantorahatuloihin, raaka-puun hintoihin sekä metsäsektorin työllisyyteen. Lisäksi hankkeissa kehitetään metsien suojelun vaikutuksia paikallistalouteen ja puun hankintamahdollisuuksiin testaavia vaihtoehtolaskelmia, joiden tuloksia voidaan hyödyntää metsien elinkeinotoiminnan ja ympäristöarvojen yhteensovittamisessa.

Suojelualueet ja maaseudun elinvoimaisuus-hanke tuottaa tietoa matkailu- ja virkistyskäyttöön liittyvien palveluelinkeinojen kehittämistä korvaavaksi elinkeinoksi, kun metsäalueita siirtyä alkutuotannosta suojeluun. Yhtenä tutkimuskohteena ovat yksityismetsien biologisen monimuotoisuuden turvaamisen politiikkakeinot. Hanke tuottaa tietoa mm. eri keinojen sosiaalisista ja taloudellisista vaikutuksista, vapaa-

ehtoisten suojelukeinojen sopimushinnoittelusta sekä siitä, miten lainsäädäntö ja muut ohjaukseen vaikuttavat metsänhoitokäytäntöihin.

Tutkimusohjelman tavoitteena on myös parantaa edellytyksiä ottaa monimuotoisuuden suojelu nykyistä paremmin huomioon metsäsuunnittelussa ja metsällisessä päätöksenteossa. Tätä varten tuotetaan tietoa eliölajien elinvaatimuksista, kehitetään teknisiä keinoja monimuotoisuuden suojelun sisällyttämiseksi metsäsuunnittelulaskelmiin sekä parannetaan monitavoitteisten metsäsuunnittelumenetelmien käyttökelpoisuutta.

Metsäluonnon kustannustehokas ennallistamisen on yksi ohjelman tutkimusaiheista. Hankkeessa hyödynnetään mm. Kolin kansallispuistossa tehdyn ennallistamisprojektin havaintoaineistoja. Tarkoituksena on selvittää, mitä ennallistaminen maksaa ja miten kustannuksia voidaan säästää esim. tekemällä työ vapaaehtoisvoimin tai valtion subventoimina työllisyystöinä. Tutkimus hyödyttää politiikan valmistelua ja ennallistamishankkeiden kilpailuttamista.

Ohjelmaan ja sen tutkimushankkeisiin voi tutustua internetissä: www.metla.fi/ohjelma/tuk.



Metsänjalostusta esittelevä Metinfo-sivusto avattu

Metinfo Metsänjalostus -sivusto on kattava tietopaketti metsänjalostuksen tavoitteista, menetelmistä ja tuloksista. Metsäntutkimuslaitos on vastannut kaikkien kotimaisten puulajien jalostuksesta vuoden 2000 alusta alkaen. Jalostusta jatketaan Metsäntutkimuslaitoksessa laaditun metsänjalostusohjelman ”Metsänjalostus 2050” puitteissa. Metinfo Metsänjalostus -palvelussa käydään läpi uuden ohjelman pääpiirteet ja esitellään jalostuksen tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia.

Metsänjalostus alkoi Suomessa 1940-luvun lopulla, jolloin aloitettiin luonnonmetsien parhaiden pluspuiden valinta jalostuksen perusaineistoksi. Vuosikymmeniä jatkuneen määrätietoisien jalostustyön tulokset siirtyvät metsätalouden hyödyiksi metsänviljelyn eli istutuksen tai metsäkylvön kautta. Metsäpuiden siemenhuolto perustuikin tällä hetkellä metsänjalostuksen tuottamaan geneettisesti korkealaatuiseen aineistoon. Metinfo-palvelussa esitellään myös siementuotannon menetelmiä, siemenviljelyohjelmia ja siemenhuollon tulevaisuuden näkymiä.

Tutustu palveluun osoitteessa: www.metla.fi/metinfo/jalostus.

Yksityismetsänomistamisen sijoitustuotot Metinfo Tilastopalveluun

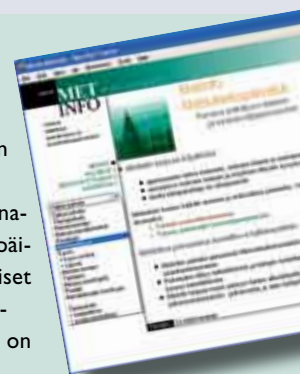
Uudet metsänomistamisen sijoitustuotot tulokset on julkaistu Metinfo Tilastopalvelussa. Sijoitustuotot täydentävät palvelun muita metsätalouden kannattavuustietoja, joita ovat muun muassa metsätalouden vuotuiset bruttokantorahatulot, puuntuotannon kustannukset ja metsäkiinteistöjen kauppahinnat.

Metsänomistamisen sijoitustuotot ovat saatavissa kokonaan tasolla vuodesta 1983 ja metsäkeskuksittain vuodesta 1996 alkaen. Sijoitustuotto koostuu muun muassa hakkuutuloista ja puuston arvon muutoksesta. Tulokset on laskettu

kantohintatietojen ja metsänhoito- ym. kustannustietojen sekä valtakunnan metsien inventointien puustotietojen pohjalta.

Metinfo Tilastopalvelu on Metlan sähköinen julkaisukanava, joka tarjoaa metsätilastot ajantasaisina, säännöllisesti päivitettävänä tietokantoina. Tietosisältö kattaa kaikki keskeiset metsätilastot. Lisänä on myös viikoittain päivittyvät raaka-puun hinta- ja ostomäärätiedot alueittain. Palvelun käyttö on maksullista ja edellyttää lisenssin hankkimista.

Tutustu palveluun osoitteessa: www.metla.fi/metinfo/tilasto.





Katsaus Venäjän metsävarojen hyödyntämisestä ilmestynyt

Uudessa tutkimushankkeessa kartoitetaan venäläisten puutuotteiden vientiä. Metlassa on alkanut tutkimushanke, jossa kartoitetaan venäläisten puutuotteiden, erityisesti raakapuun ja sahatavaran viennin vaikutuksia Euroopassa. Hankkeen esiselvityksenä on Metlassa koostettu katsaus Venäjän metsävaroista ja niiden hallinnoinnista sekä raakapuun ja sahatavaran tuotannosta ja viennistä. Venäjän metsävarat ovat sekä pinta-alaltaan että tilavuudeltaan

maailman suurimmat. Puutuotteiden vienti entisen Neuvostoliiton ulkopuolelle on kasvanut nopeasti erityisesti 1990-luvun puolivälin jälkeen. Tämä on

kytkenyt Venäjän metsäsektorin entistä kiinteämmin osaksi kansainvälistä taloutta.

Tällä hetkellä alhaisen jalostusasteen tuotteet, raakapuu ja sahatavara, muodostavat noin 55 % Venäjän metsäsektorin vientituloista. Euroopassa venäläistä raakapuuja viedään eniten Suomeen, jossa venäläinen puu vastaa lähes viidennestä metsäteollisuuden vuosittaisesta raakapuun tarpeesta. Venäläinen sahatavara on puolestaan pystynyt kasvattamaan markkinaosuuttaan Länsi-Euroopan kilpailluilla sahatavaramarkkinoilla. Esimerkiksi Saksan sahatavaran tuonnista Venäjän osuus on jo suurempi kuin Suomen tai Ruotsin.

Tutkimus on osa Metlan tutkimushanketta "Metsäsektorin kehitys Venäjällä ja vaikutukset Suomen metsäsektoriin", lisätietoja www.metla.fi/hanke/3384/.



Metla/Erkki Oksanen

Pasi Puttonen nimitettiin tutkimusjohtajan virkaan

Metlan johtokunta nimitti 17.6. professori Pasi Puttosen toiseen Metlan tutkimusjohtajan virkaan viiden vuoden määräajaksi alkaen 1.8.2005. Virka on suuntautunut metsien käytön ekologiseen kestävyys, sijoituspaikka on Helsingin Metsätalo. Pasi Puttosen

vahvuutena pidettiin kansainvälisyyttä. Puttonen on työskennellyt metsänhoitotieteen professorina Helsingin yliopistossa vuodesta 1998 lähtien. Aiemmin hän on työskennellyt muun muassa Suomen Akatemialla ja Brittiläisen Kolumbian Metsähallituksen metsäntutkimusosastolla. Maatalous- ja metsätieteiden tohtoriksi hän väitteli vuonna 1986 Helsingin yliopistossa.



Metla/Erkki Oksanen

Forest for the New Millennium -raportti: toimenpidesuosituksia metsien, yhteiskunnan ja ympäristön hyvinvoinnin turvaamisesta

Metsät, kotitaloudet, yritykset ja ympäristö ovat keskinäisessä riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteessa. Yhä useammin metsät nähdään osana ihmisen ja luonnon maisemaa, jossa eri osat sopeutuvat toisiinsa. Tavat, joilla metsiä hyödynnetään ja hyötyjä jaetaan ovat muuttuneet ajan myötä, ja muuttuvat edelleen.

Forests for the New Millennium -raportti on osa World Forests, Society and Environment -tutkimushanketta. Maailman metsäntutkimusorganisaatioiden järjestö IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) käynnisti hankkeen vuonna 2002. Hankkeessa on tutkittu monitieteisesti yhteiskunnallisten ja taloudellisten arvojen ja arvostuksien muuttumisen vaikutuksia metsiin ja niiden käyttöön. Tutkimukseen osallistui yli 100 eri alojen asiantuntijaa kaikista maanosista.

Ulkoasiainministeriön, Metsäntutkimuslaitoksen, Euroopan metsäinstituutin (EFI) sekä Yhdistyneiden Kansakuntien yliopiston (UNU) aloittamaan tutkimusverkostoon on liittynyt myöhemmin viisi muuta organisaatiota. Forests for the New Millennium -raportti on saatavilla kolmella kielellä Ulkoasiainministeriön www.sivuilta. http://www.global.finland.fi/english/publications/pdf/forest_millennium_en.pdf (englanti).

Männyn vaste pitkäaikaiselle kupari- ja nikkeli-altistukselle Tietoa pahoin saastuneiden alueiden kunnostamiseen

Metsäntutkimuslaitoksen tutkija Tiina Nieminen on määrittänyt kasvibiologian alaan kuuluvassa väitöskirjassaan männyn vastetta kupari- ja nikkeli-altistukselle sen elinkierron eri vaiheissa, sekä tutkinut metallien kulkeutumista ja kertymistä mäntyekosysteemin eri osissa.

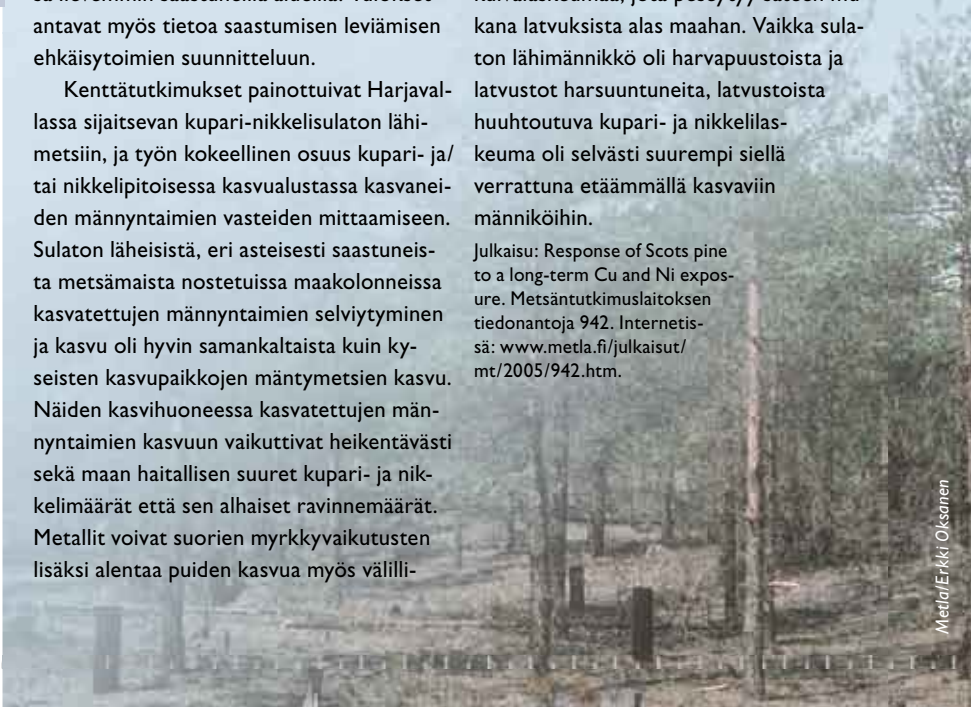
Vaikka Suomessa on suhteellisen pitkät perinteet sekä metsäekosysteemin ainekierron että raskasmetallien tutkimuksessa, ei meillä kuitenkaan ole aiemmin määritetty ainekiertoa pitkäaikaisen raskasmetallikuormituksen seurauksena häiriintyneessä metsäekosysteemissä. Niemisen Helsingin yliopistoon tekemän väitöstutkimuksen (*Männyn vaste pitkäaikaiselle kupari- ja nikkeli-altistukselle*) tuloksia voidaan hyödyntää pahoin saastuneiden alueiden kunnostamisessa sekä vaurioiden ennaltaehkäisemisessä lievemmin saastuneilla alueilla. Tulokset antavat myös tietoa saastumisen leviämisen ehkäisytöiden suunnitteluun.

Kenttätutkimukset painottuivat Harjavallassa sijaitsevan kupari-nikkelisulaton lähimetsiin, ja työn kokeellinen osuus kupari- ja tai nikkeli-pitoisessa kasvualustassa kasvaneiden männynntaimien vasteiden mittaamiseen. Sulaton läheisistä, eri asteisesti saastuneista metsämaista nostetuissa maakolonneissa kasvatettujen männynntaimien selviytyminen ja kasvu oli hyvin samankaltaista kuin kyseisten kasvupaikkojen mäntymetsien kasvu. Näiden kasvihuoneessa kasvatettujen männynntaimien kasvuun vaikuttivat heikentävästi sekä maan haitallisen suuret kupari- ja nikkelimäärät että sen alhaiset ravinne- ja nikkelimäärät. Metallit voivat suorien myrkyvaikutusten lisäksi alentaa puiden kasvua myös välilli-

sesti heikentämällä maaperän ravinnetilaa. Maaperäeliöstölle myrkyllisten metallien kertyminen muun muassa häiritsee eloperäisen aineen hajoamista ja estää ravinteiden vapautumista karikkeesta kasvillisuuden käyttöön. Metsämaan pinnalle näin kertyvä paksu kerros heikosti hajonnutta kariketta on myös vesitaloudellisesti epäedullinen kasvupaikka.

Metsään nykyään laskeuman mukana tulevaa kupari- ja nikkelimäärää arvioitiin jatkuvan sadevesiseurannan avulla. Sadevettä kerättiin männikkökoealoilta (metsikkösadanta) sekä niiden läheisiltä avoimilta aloilta (avoimen paikan sadanta). Metsikkösadannan mukana maahan tuleva metallilaskeuma on avoimen paikan laskeumaa suurempi. Puiden latvukset nimittäin keräävät tehokkaasti ilmakehässä kulkeutuvia hiukkasia, eli ns. kuivalaskeumaa, jota peseytyy sateen mukana latvuksista alas maahan. Vaikka sulaton lähimännikkö oli harvapuustoista ja latvustot harsuuntuneita, latvustoista huuhtoutuva kupari- ja nikkeliilaskeuma oli selvästi suurempi siellä verrattuna etäämmällä kasvaviin männikköihin.

Julkaisu: Response of Scots pine to a long-term Cu and Ni exposure. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 942. Internetissä: www.metla.fi/julkaisut/mt/2005/942.htm.



Metla/Erkki Oksanen

Luontotyyppien uhanalaisuuden arviointimenetelmä valmistunut

Luontotyypeille soveltuva uhanalaisuuden arviointimenetelmä on valmistunut. Arvioinnissa tarkastellaan kaikkia maassamme tavattavia luontotyyppiryhmiä, myös vedenalaista luontoa. Luontotyypit on jaettu seitsemään pääryhmään, joita ovat Itämeri ja rannikko, sisävedet ja rannat, suot, metsät, kalliot ja kivikot, perinnebiotoopit sekä tunturit.

Metsä- ja luonnonsuojelulakimme pyrkivät turvaamaan joitakin harvinaistuneita luontotyyppisiä, mutta kokonaiskuva Suomen luontotyypeistä ja niiden tilasta on puutteellinen. Nyt julkaistu arviointimenetelmä pohjautuu Saksassa ja Itävallassa luotuihin periaatteisiin, joita on edelleen kehitetty ja tarkennettu.

Vuosina 2005–2007 selvitetään ensimmäistä kertaa Suomessa, mitkä luontotyypit ovat Suomessa uhanalaiset ihmisen toiminnan seurauksena. Tulokset Suomen uhanalaisista, silmälläpidettävistä ja puutteellisesti tunnetuista luontotyypeistä val-

mistuvat vuonna 2007. Tuloksia käytetään luontotyyppien suojelun, hoidon ja ennallistamisen kohdentamisessa. Laajaa yhteistyöhanketta koordinoi Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Yli 70 ekologian, hydrobiologian, metsätieteen, geologian ja maantieteen asiantuntijaa muun muassa tutkimuslaitoksista, yliopistoista, ympäristöhallinnosta sekä maa- ja metsätaloushallinnosta kokoavat ja tulkitsevat inventointeihin, tutkimuksiin ja paikakatietoaineistoihin pohjautuvia tietoja luontotyyppien pinta-alan ja laadullisten ominaisuuksien kehityksestä.

Hanketta rahoittavat ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriön koordinoima Monimuotoisuuden tutkimusohjelma (MOSSE) ja Suomen ympäristökeskus. Metsähallituksen luontopalvelut tarjoaa merkittävän työpanoksen asiantuntijaryhmien työskentelyyn. Hankkeen ohjausryhmässä ovat mukana myös Metsäntutkimuslaitos, Geologian tutkimuskeskus, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Helsingin yliopisto. Julkaisu on saatavana ympäristöhallinnon verkkosivuilta osoitteesta www.ymparisto.fi/julkaisut.



Alueellisten metsäohjelmien hakkuutavoitteet maltillisia Puuvarat, säästöpuiden määrä ja iäkkäiden metsien osuus kasvavat

Etelä-Suomen metsien runkopuun määrä oli valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) mukaan 1,4 miljardia kuutiometriä. Jos metsiä hakataan alueellisten metsäohjelmien mukaisesti ja nykyiset suojelupäätökset sekä metsienkäsitteily-suositukset ovat voimassa seuraavat 50 vuotta, metsien puuvarat, säästöpuiden määrä ja iäkkäiden metsien osuus kasvavat nykyisestä. Tämä käy ilmi Metsäntutkimuslaitoksen työraportista, jossa tarkastellaan Etelä-Suomen metsien kehitystä seuraavan 50 vuoden aikana.

Tarkastelujaksolle määriteltiin kaksi skenaariota: ensimmäisessä (AMO) hakkuut noudattivat koko 50 vuoden jakson ajan metsäkeskuksittain vuosille 2001–2005 laadittuja metsätalouden alueellisia tavoiteohjelmia (alueellisia metsäohjelmia) ja toisessa (AMO-SK) ensimmäisen 10-vuotijakson jälkeen hakattiin suurimman kestävä hakuukertymän mukaisesti. Skenaariolaskelmat tehtiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä MELA-ohjelmistolla. Laskelma-aineistona käytettiin vuosina 1996–2000 mitattuja valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutietoja.

Alueellisten metsäohjelmien mukaan vuosien 2001–2005 hakkuumäärä Etelä-Suomessa on lähes 51 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Hakkuuta vastaava kokonaispoistuma oli ensimmäisellä vuosikymmenellä kummassakin skenaariossa lähes 61 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. AMO-SK-skenaariossa hakuukertymäarvio nousi myöhempinä kymmenvuotiskausina 61 miljoonaa kuutiometriin vuodessa. AMO-skenaariossa luonnonpoistuman osuus kokonaispoistumasta oli 10–12 prosenttia. AMO-SK-skenaariossa luonnonpoistuman määrä oli laskelmakauden loppupuolella pienempi kuin AMO-skenaariossa, koska hakkuiden lisääntyessä korjataan puuta, joka muuten jäisi metsiin lahoamaan.

Molemmissa skenaarioissa yli 140-vuotiaiden metsien osuus kasvoi. Lehtipuiden osuus puuston tilavuudesta oli 15–19 prosenttia ja järeiden säästöpuiden määrä laskelmakauden lopussa yli 50 miljoonaa kuutiometriä.

Julkaisu: Nuutinen, T., Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005. Etelä-Suomen metsien kehitys – vuosille 2001–2005 tehtyjen alueellisten metsäohjelmien vaikutus-analyysi. Metlan työraportteja. Julkaisu löytyy osoitteesta: www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/.

Lisätietoja Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelmasta: www.metla.fi/ohjelma/mts/.



Luonnonvarojen seuranta muuttuvassa ilmastossa

Uudessa Interreg IIIA Nordkalotten -hankkeessa luodaan Pohjoiskalotin havumetsävyöhykettä, ilmakehää, jääpeitettä sekä merialueita seuraava mittauspisteiden verkosto. Projektissa mitataan lisäksi kasvillisuuden vuodenaikaisrytmiä ja lehtipinta-alaindeksiä. Mitattua aineistoa verrataan satelliittidataan. Alueelle luodun mittausverkoston avulla satelliittien tuottamaa informaatiota voidaan paremmin soveltaa pohjoisen erityisolosuhteisiin.

Satelliittien merkitys ilmahan ja ympäristön tarkkailussa kasvaa nopeasti. Uusien numeeristen menetelmien ja mallinnuksen avulla saadaan luotua ympäristössä tapahtuvia muutoksia koskeva havainnointi- ja ennakkovaroitusjärjestelmä. Hankkeessa kehitettävät menetelmät ja infrastruktuuri tehostavat ympäristötiedon tuottamista julkishallinnolle ja kansalaisille.

Nordkalotten Satellite Evaluation co-operation Network (NorSEN) – hanketta vetää Ilmatieteen laitoksen Lapin ilmatieteellinen tutkimuskeskus Sodankylässä. Hankkeessa on mukana 16 organisaatiota Suomesta, Ruotsista ja Norjasta; Metlasta siihen osallistuvat Muhoksen, Suonenjoen ja Kolarin yksiköt.

Metlan toiminta painottuu erityisesti laitoksen fenologisen mittausdatan hyödyntämiseen. Muutokset fenologisissa ilmiöissä eli lajien elinkierto liittyvässä rytmiikassa ovat ensimmäisiä merkkejä muuttuvasta ilmastosta. Fenologisessa hankeosiossa kehitetään menetelmiä satelliittidatan tulkintaan. Hankkeen www-sivut: <http://norsen.fmi.fi/>.



Männiköiden ensiharvennuksia kannattaisi myöhentää

Ensiharvennusten myöhentäminen noin kymmenellä vuodella nykyosuuteksi verrattuna parantaisi männiköiden ensiharvennusten kannattavuutta ilman, että menettely vähentäisi metsikön puuntuotosta tai taloudellista tuottoa koko kiertoajalla. Edellytyksenä on, että taimikonhoidosta on huolehdittu ajallaan.

Kun suositusten mukaista ensiharvennusta viivästettiin kymmenellä vuodella, lisääntyi ensiharvennuksen kuitupuukertymä suunnitteen kaksinkertaiseksi, noin 30 kuutiometristä noin 60 kuutiometriin hehtaaria kohti. Samalla ensiharvennuksen kantorahatulon nykyarvo (neljän prosentin laskentakorkokannalla) suureni keskimäärin 330 €/ha. Kantohintojen vaihtelu tai laskentakorkokannan muutokset eivät ratkaisevasti vaikuttaneet lopputulokseen: kymmenellä vuodella viivästetty ensiharvennus osoittautui poikkeuksetta kannattavimmaksi menettelyksi. Metsikön puuntuotos ja taloudellinen tuotto koko kiertoajalla olivat jokseenkin samat riippumatta siitä, tehtiinkö ensiharvennus nykysuositusten mukaisena ajankohtana tai kymmenen vuotta myöhemmin.

Tutkimuksessa selvitettiin viiden vaihtoehdoisen ensiharvennustavan vaikutusta metsikön tuotokseen ja tuottoon kuivahkon kankaan männiköissä. Metsähallituksen metsänhoito-ohjeiden mukaan ensiharvennus tehdään normaalisti männikön valtapituuden ollessa 12–14 metriä. Puuston ikä on tällöin esimerkiksi Keski-Suomessa 30–40 vuotta ja Etelä-Lapissa noin 60 vuotta. Jäävän puuston määrä määritellään ensiharvennuksissa ensisijaisesti runkoluvun mukaan ja muissa kasvatushakkuissa puuston pohjapinta-alan mukaan.

Julkaisu: Huuskonen, S. & Ahtikoski, A. 2005. Ensiharvennuksen ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus kuivahkon kankaan männiköiden tuotokseen ja tuottoon. Metsätieteen aikakauskirja 2/2005: 99–115, www.metla.fi/aikakauskirja/.

Kestävästä hakkuumahdollisuudesta hyödynnetään 85 prosenttia

Vuosina 1999–2003 korjattiin käyttöpuuta Suomen metsistä keskimäärin 57 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 85 prosenttia suurimman kestävästä hakkuumäärän arviosta (67 miljoonaa kuutiometriä vuodessa). Tutkimuksessa tarkastellaan kolmen lähivuosisikymmenen hakkuumahdollisuuksia ja puuston kehitystä koko maassa ja metsäkeskusten alueilla.

Suomen metsien runkopuun määrä on valtakunnan metsien 9. inventoinnin mukaan yli 2 miljardia kuutiometriä ja puuston kasvun arvioidaan olevan yli 80 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Ilman kestävyysvaatimuksia hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi lähimmän kymmenvuotiskauden aikana hakattavaksi 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos kestävydestä halutaan huolehtia, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurin kestävä hakkuukertymä on 67 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Harvennushakkuiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuudesta on 30 vuoden aikana keskimäärin 39 prosenttia. Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuudesta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 16 prosenttia ja toisella kymmenvuotiskaudella 22 prosenttia. Toisen kymmenvuotiskauden jälkeen turvemaiden osuus kääntyy laskuun.

Hakkuulaskelmat tehtiin metsäkeskuksittain Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä MELA-ohjelmistolla. Laskelma-aineisto perustui vuosina 1996–2003 mitattuihin valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutietoihin, jotka oli Etelä-Suomen osalta laskennallisesti ajantasaistettu vuoteen 2002.

Julkaisu: Nuutinen, T., Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005. Alueelliset hakkuumahdollisuudet Suomessa. Metlan työraportteja 13. Saatavilla Internetissä: www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/.

Puutuotteiden kilpailukyvyyn haasteina Saksan markkinoilla jakelujärjestelmät ja palvelu

Pohjoismaisilla toimittajilla on vielä runsaasti haasteita saavuttaakseen monissa olennaisissa valintakriteereissä saksalaiset kilpailijansa. Sekä suomalaiset että ruotsalaiset tuottajat voisivat parantaa kilpailuasemaansa kehittämällä palvelujaan esimerkiksi toimittamalla räätälöityjä tuotteita, tarjoamalla joustavia maksujärjestelyjä sekä mahdollisuuden asioida internetin välityksellä. Muutos kohti jalostetumpia ja enemmän kuluttajamarkkinoille suunnattuja tuotteita vaatisi myös puutuotetoimitusten jakelun kehittämistä.

Metsäntutkimuslaitos ja Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos selvittivät, mitkä puutuotteisiin liittyvät asiat ovat ratkaisevia

kun puutuotteita markkinoivat yritykset valitsevat tuotteita valikoimiinsa. Tarkastelussa keskityttiin muun muassa toimittajan luotettavuuteen, palveluihin, tuotteeseen liittyvään informaatioon, tuotteen ympäristöystävällisyyteen ja siihen miten asiakaskontakteja hoidetaan. Tutkimuksessa analysoitiin myös kuinka saksalaiset, suomalaiset, ruotsalaiset, itävaltalaiset sekä kanadalaiset puutuotteiden toimittajat keskimäärin menestyvät.

Tulokset osoittavat, että toimittajan luotettavuutta, joka sisältää muun muassa aikataulussa pysyvät, nopeat kuljetukset, pidettiin tärkeimpänä ei-materiaalisena tuoteominaisuutena. Suuret rakennustarvikeliikkeet arvostavat luotettavuutta vielä enemmän kuin pienet tai yritysasiakaisiin keskittyvät yritykset.

Lisätietoja: Silva Fennica 2/2005, www.metla.fi/silvafennica/.

Lapin hakkuumahdollisuudet puuston kasvua pienemmät

Lapin metsistä voisi lähivuosisikymmenten aikana hakata puuta selvästi enemmän kuin nykyisin, mutta metsien rakenteesta johtuen hakkuumahdollisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin puuston nykyinen kasvu.

Lapin metsäkeskuksen alueen metsien runkopuun määrä on valtakunnan metsien 9. inventoinnin mukaan yli 340 miljoonaa kuu-



Tietotekniikka muuttaa paperituotteiden kulutusta ja hintoja

Informaatio- ja viestintäteknikan (ICT) kehityksestä huolimatta paperin kulutus on jatkuvasti lisääntynyt. Sitä mukaa kun tietotekniikka on edistynyt, paperia käytetään maailmalla yhä enemmän. Metsäntutkimuslaitoksen tutkijan Lauri Hetemäen tuoreen tutkimuksen mukaan tämä tilanne saattaa kuitenkin olla muuttumassa.

Vaikka paperituotteiden kulutus jatkaa kasvuaan maailman mittakaavassa, eräissä OECD-maissa toimistopaperin kulutuksen kasvu on selvästi hidastunut tai jopa kääntynyt laskuun 1990-luvun loppupuolella. Sanomalehtipaperin kulutuksessa rakennemuutos on vieläkin selvempi - esimerkiksi Pohjois-Amerikassa ja Pohjoismaissa sen kulutus on laskenut jo pitkään. Historiallinen yhteys paperin kulutuksen, taloudellisen kasvun ja väestön kasvun välillä on katkennut näissä maissa. Yksi



Metla/Erikki Oksanen

tärkeä tekijä muutoksen takana on paperin korvaaminen sähköisellä viestintäteknologialla sekä medioissa että toimistoissa. Muuostrendit lisäävät kilpailua paperimarkkinoilla ja siten paineita paperin hintojen laskulle.

Yksi keskeisistä tuloksista on, että viimeaikaiset arviot OECD-maiden paperituotteiden pitkän aikavälin kulutuksesta eivät näytä toteutuvan. Keskeinen syy tähän on se, että arvioiden taustalla olevat mallit eivät ota huomioon ICT:n vaikutuksia paperin kulutukseen. Tarvitaan lisää tutkimusta näiden mallien kehittämiseksi sekä sähköisen viestintäteknologian ja paperin kulutuksen välisten riippuvuuk-sien ymmärtämiseksi.

Julkaisu: Lauri Hetemäki ICT and Communication Paper Markets. Lisätietoja: www.metla.fi/julkaisut/muut

Silva Fennica on suhteellisesti siteeratuin metsätieteellinen yleissarja

Silva Fennica on ISIn (Institute of Scientific Information) julkistamien vuoden 2004 viittausindeksien mukaan suhteellisesti maailman eniten siteerattu metsätieteellinen yleissarja. Kun mukaan otetaan myös metsätieteen suppeampiin osa-alueisiin erikoistuneet sarjat, Silva Fennican viittausindeksi (ns. impact factor -indeksi) on kuudenneksi korkein koko maailmassa.

Viittausindeksi ilmaisee suhteellisen arvona kuinka monta kertaa muissa tieteellisissä sarjoissa julkaistuissa tutkimuksissa on käytetty Silva Fennican artikkeleita tietolähteenä kahden viimeisen vuoden aikana. ISI on vuonna 1958

Yhdysvaltoihin perustettu yritys, joka kerää ja julkaisee tieteellisen kirjallisuuden bibliografisia tietoja. ISIn tieteellisen kirjallisuuden tietokannat ovat eniten käytettyjä tutkimustiedon hakuvälineitä.

Julkaisijat, Suomen Metsätieteellinen Seura ja Metsäntutkimuslaitos, asettivat kymmenen vuotta sitten tavoitteeksi muuttaa sarja kansainvälisesti arvostetuksi tieteelliseksi julkaisusarjaksi. Sarja tehtiin englanninkieliseksi, sille valittiin kansainvälinen toimituskunta ja sarjaan tarjottuihin kirjoituksiin alettiin soveltaa kansainvälistä tieteellistä vertaisarviointia.

Silva Fennica-sarjaa voi lukea vapaasti verkosta sivulla www.metla.fi/silvafennica/. Lehden voi tilata maksua vastaan myös perinteisenä paperiversiona.

tiometriä ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin lähes 12 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Ilman puuhuollon kestävyysvaatimuksia käyttöpuuta riittäisi hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella 5,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos puuhuollon kestävydestä halutaan huolehtia, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurin kestävä hakkuukertymä vuosina 2003–2012 on 5,1 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa.

Toteutuneet hakkuut ovat olleet mäntypainotteisemmat kuin inventointia seuraavan kymmenvuotiskauden hakkuumahdollisuudet. Lapin metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1998–2002 keskimäärin 3,8

miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa eli 75 prosenttia inventointia seuraavan kymmenvuotiskauden suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta. Toteutuneesta hakkuukertymästä oli mäntyä 76, kuusta 13 ja lehtipuuta 11 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 68, kuusta 18 ja lehtipuuta 15 prosenttia.

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelma-aineisto perustui vuosina 2002–2003 mitattuihin valtakunnan metsien 9. inventointiin (VMI9) koeala- ja puutietoihin.

Julkaisu: Nuutinen T., Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2003–2032 Lapin metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2 B/2005: 289–305, internetissä: www.metla.fi/aikakauskirja/.

IUFRO: metsäntutkijoiden tehostettava tutkimustiedon levittämistä

Maailman metsäpinta-ala pienenee huolestuttavasti vauhtia, mikä vaikuttaa biodiversiteettiin ja ihmisten elinmahdollisuuksiin. Silti metsäntutkimuksen rahoitus on vähentynyt kaikkialla maailmassa. Maailman metsäntutkimusorganisaatioiden liiton IUFRO:n järjestämässä konferenssissa Brisbanessa Australiassa julistettiin 13.8 päätöslauselma, jossa listattiin uudet tavoitteet metsäntutkimuksen aseman parantamiseksi.

Metsäntutkijoiden on lisättävä yhteistyötä sekä keskenään että muiden tieteenalojen kanssa tuottaakseen tietoa, joka vastaa rahoittajien tarpeita. Päätäjille ja suurelle yleisölle on tiedotettava entistä aktiivisemmin tutkimustuloksista ymmärrettävällä tavalla.

On myös harkittava hallitusten välisen neuvonantajajelman perustamista metsäasioille. Tämä elin toimisi samanlaisella periaatteella kuin ilmastonmuutoksen tutkijoiden IPCC-paneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change). IUFRO pyrkii jatkossa myös vahvistamaan kehitysmaiden tutkijoiden resursseja sekä lisäämään naisten ja nuorten tutkijoiden osallistumista järjestön toimintaan.

Myös IUFRO:n presidentti, professori Risto Seppälä Metsäntutkimuslaitoksesta kiinnitti huomiota avajaispuheessaan siihen, että metsäntutkijoiden on pystyttävä entistä nopeammin vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin. Metsäteollisuustuotteiden tuotantoa siirrytään Länsi-Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta Aasiaan, Itä-Eurooppaan ja Venäjälle. Samaan aikaan tieto- ja viestintäteknikan kehitys on vähentänyt tiettyjen paperituotteiden kulutusta. Johtavien metsäteollisuusmaiden onkin löydettävä uusia tuotteita selviytyäkseen. Tärkeitä tutkimuskohteita ovat bioenergia, puukemia ja puusta saatavat lääkeaineet ja funktionaaliset ruoka-aineet.

Vuonna 1892 perustettu IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) on maailman vanhimpia tutkimusorganisaatioiden yhteenliittymiä. Sen jäseninä on yli 15 000 tutkijaa ja 700 organisaatiota 114 eri maasta.

Lisätietoja: www.iufro.org



TOIMITUS/JULKAISIJA
Metsäntutkimuslaitos
Unioninkatu 40 A
00170 HELSINKI
puhelin 010 2111
sposti: info@metla.fi

PÄÄTOIMITTAJA
Ari Turunen
puhelin 010 211 2270

TOIMITUSSIHTEERIT
Marjatta Joutsimäki
Elina Kelola
Sanna Musto (äitiyslomalla)
puhelin 010 2111

TILAUKSET,
OSOITTEENMUUTOKSET
JA ILMOITUSMYyntI
Metsäntutkimuslaitos, viestintä
Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki
puhelin 010 2111
Faksi 010 211 2102
www.metla.fi/asiakaslehti

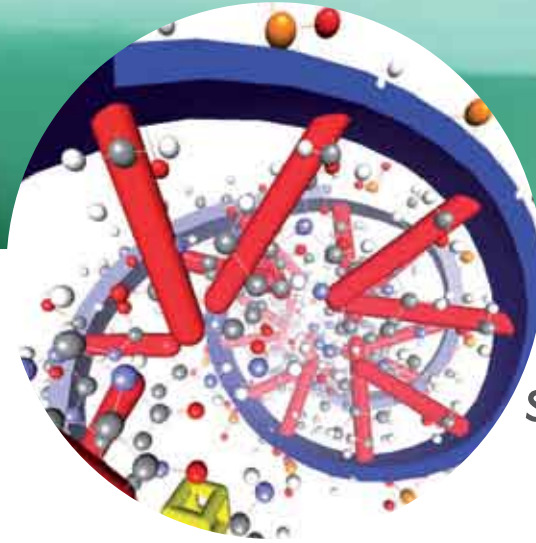
ULKOASU JA TAITTO
Jouni Hyvärinen
Essi Puranen

PIIRROKSET
Simo Koivunen
Anna Seppo

KANSI
Kuva: Erkki Oksanen ja CSC
Design: Jouni Hyvärinen

PAINOAIKKA
Esa Print Oy, Lahti

Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) tehtävänä on edistää tutkimuksen keinoin metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää hoitoa ja käyttöä. Metla tuottaa tieteellistä tietoa metsäympäristöstä, metsien eri käyttömuodoista ja metsä- ja puutaloudesta.



Geenit ja puu s.10

Sisältö

- 9 Pääkirjoitus
- 10 Geenitutkimus paljastaa puun salaisuuksia
- 16 Tietotekniikka haastaa paperi- ja metsäalan kehittymään
- 18 Metsäenergia on todellinen vaihtoehto
- 22 Solbölen puuvieraat
- 26 Arktista mikrobiologiaa Rovaniemellä
- 30 Hyötyanalyysistä hyviä kokemuksia Metsähallituksen luonnonvarasuunnittelussa

Palstat

- 2 Uutiset
- 15 Kolumni
- 25 Markkinakatsaus - Metsäteollisuus
- 32 Markkinakatsaus - Puumarkkinat
- 33 Käynnissä olevat tutkimushankkeet
- 34 Julkaisut

Energiaa metsästä
s.18



Pelottava perimä

Kesäkuussa 2004 Metsäntutkimuslaitos ylitti valtakunnallisen uutiskynnyksen. Television pääuutislahetyksessä näkyi järkyttyneitä tutkijoita todistamassa tuhatta kenttakoetta Punkaharjulla. Noin 400 koivun tainta, joista osa oli geenimanipuloituja, oli järjestelmällisesti katkottu.

Geenikokeiden vastustus on ollut Suomessa näkyvää. Viime elokuussa tuhottiin Jokioisilla muuntogeenisen tärkkelysperunan kenttäkoe. Miksi kasvien perimää ei saisi tutkia edes valvotuissa oloissa?

Geenikokeiden vastustajien mielestä esimerkiksi Biotekniikan neuvottelukunta on epäonnistunut tehtävässään tiedottaen bio- ja geenitekniikan kehityksestä kansalaisille. Kriitikoiden mielestä neuvottelukunta toteuttaisi aidosti tehtävänsä järjestämällä tilaisuuksia, joissa annetaan mahdollisuus monenlaisten tutkimustulosten ja mielipiteiden esille tuomiseen ja antamalla kaikille mahdollisuus osallistua keskusteluun.

Kun Metlan Punkaharjun geenikoe tuhottiin, Kansalaisten Bioturvayhdistyksen, Suomen Luonnonsuojeluliiton ja Maan Ystävät ry:n peräänkuuluttamaa keskustelua tutkimustuloksista on

”On ristiriitaista vaatia geenitutkimuksesta objektiivisia tuloksia ja valistunutta kansalaistiedottamista, jos samalla yritetään estää valvottu koetoiminta.”

mahdotonta käydä. Kenttäkokeessa tutkittiin puiden hiili- ja typpi-aineenvaihduntaa. Kasvatettavana oli koivuja, joihin oli siirretty hiilensidontaan vaikuttava geeni. Metlassa haluttiin tutkia siirtogeenin ilmenemistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä luonnollisissa ympäristöoloissa ja verrata tietoja muun muassa kohotetussa hiilidioksidipitoisuudessa saatuihin tuloksiin. Kokeen avulla olisi myös voitu tutkia geenimuunneltujen puiden ympäristövaikutuksia Suomen olois-

sa. Nyt mahdollisuus uusien tärkeiden tutkimustulosten tuottamiseen on menetetty.

Yliopistojen perusajatus on ollut niiden synnystä lähtien, että tutkimus on vapaa. Juuri siksi opiskelijoita ja opettajia on usein paheksuttu ja tutkimusta on haluttu ohjata ulkopuolelta. Kun Oxfordin kaupungin asukkaat olivat 1200-luvun alussa karkottaneet opiskelijansa, he joutuivat nopeasti katumaan päätöstään. Opiskelijoiden lähtö vaurioitti kaupungin taloutta ja vuonna 1214 kauppiat kutsuivat heidät takaisin. Niistä päivistä yliopistot ovat voimakkaasti vaalineet perinteitään, joista tärkein on ollut akateeminen vapaus. Kiitos tämän vapauden, Oxfordissa ja Cambridgessä on pystytty selvittämään ihmisen verenkierto, evoluutio ja DNA:n rakenne.

Tieteen tekeminen ei ole ajasta ja kulttuurista irrallinen ilmiö, vaan siihen vaikuttaa aina aikakauden käsitys totuuden luonteesta. Nykyaikaisen anatomian perustaja, Padovan yliopiston professori Andreas Vesalius katsoi, että hänellä oli oikeus täydentää kirjallisia opintojaan omilla havainnoillaan. Hänen ihmisruumiin tutkimuksensa herättivät suurta pahennusta ja vastustusta 1500-luvulla. Kun William Harvey vuonna 1628 osoitti, että sydämen tehtävä oli pumpata verta, lääkärikollegat hyökkäsivät Harveyn kimppuun niin vimmaisesti, että tämä menetti suurimman osan potilaistaan. Myös rokotusta ja sairaalahygieniaa on kiivaasti vastustettu. Edelleenkin

evoluution opettaminen on kielletty joissakin Yhdysvaltain kouluissa. Monien tutkimustulosten arvo on nähty vasta, kun uusi sukupolvi on alkanut ennakkoluulottomasti hyödyntää niitä.

Kiistat kuuluvat tietenkin tieteen perusluonteeseen ja asioihin voidaan saada parannusta kritiikin kautta. Kritiikin pitää kuitenkin perustua tietoon. Siksi on olennaista, että tutkimustoiminta on läpinäkyvää, sitä valvotaan ja sen tuloksista kerrotaan. On ristiriitaista vaatia geenitutkimuksesta objektiivisia tuloksia ja valistunutta kansalaistiedottamista, jos samalla yritetään estää valvottu koetoiminta. On surullista, jos keskustelua geenitutkimuksesta halutaan käydä mielikuvilla, ei faktoilla.

Tässä lehdessä kerrotaan Metsäntutkimuslaitoksessa tehtävästä geenitutkimuksesta. Kummallisesti vääntyneitä luurankoja ei tutkijoiden kaapeista löytynyt.

Koska harva meistä on aina oikeassa, muuttuvassa maailmassa on pystyttävä tarkistamaan myös omia näkemyksiään. Vaikuttamisessa ei ole mitään järkeä, jos omien käsitysten muuttaminen nähdään aina arvovaltatappiona. Tämä pätee meihin kaikkiin.

Ari Turunen

PS. Maailmassa on 90 miljoonaa hehtaaria kaupallisessa tuotannossa olevia geenimuunneltuja viljelmiä. Viljelmät eivät ole valvottuja, vaan kasvit voivat levittää siitepölyä vapaasti. Eniten näitä viljelmiä on Yhdysvalloissa, Etelä-Amerikassa ja Kiinassa.



Geenitutkimus paljastaa

Ari Turunen

PUUN SALAISUUKSIA

Puulla on monimutkaisen rakenteensa vuoksi vielä paljon tuntemattomia käyttömahdollisuuksia. Geenitutkimuksen avulla pyritään vaikuttamaan myös puiden ominaisuuksiin ja torjumaan suurta tuhoa aiheuttavia tauteja.

hmissen ja muiden eliöiden perimän kartoitus avasi tien uusille tieteenaloille ja tutkimusmenetelmille. Modernin tietotekniikan menetelmillä tutkitaan, miten geenit antavat soluille rakennusohjeita. Valtavien data-aineistojen käsittelyn kautta eliöiden kehitystä ohjaavat geenit ja niiden tehtävät ovat vähitellen selviämässä.

Myös metsäntutkimuksessa hyödynnetään uusinta tekniikkaa geenien ominaisuuksien tunnistamisessa. Kasvinjalostusta voidaan parantaa, jos tietty geeni, joka vaikuttaa kasvin ominaisuuteen voidaan tunnistaa. Geenitutkimuksen avulla voidaan selvittää puiden populaatioiden elinkykyä sekä sopeutumista ilmastomuutokseen.

— Suuri haaste geenitutkimuksessa on eri lähestymistapojen ja niiden tuottaman tiedon yhdistäminen, dosentti **Tuija Aronen** toteaa.

”Tautien merkitys on talousmetsissä jatkuvassa kasvussa. Puunkorjuumenetelmien muutosten lisäksi ilmastonmuutos voi lisätä tautihuhoja metsissämme, metsägenetiikan professori Katri Kärkkäinen varoittaa.”

Arosen mielestä uusia tekniikoita pitäisi yhdistää enemmän perinteiseen jalostukseen ja populaatiogenetiikan osaamiseen. Tutkijoita pitäisi myös kouluttaa uusien tietoteknisten menetelmien osaajiksi.

Lahonsuoja-aineista ligniiniin

Tuija Arosen ryhmä tutkii geenimuuntelua, jonka avulla saadaan tietoa yksittäisen geenin toiminnasta. Arosen mukaan tulevaisuudessa tällaisen perustutkimuksen käytännön sovellusten kirjo voi olla suuri.

— On tärkeää löytää mielenkiintoiseen ominaisuuteen vaikuttava geeni tai geenit, ja selvittää, miten ne toimivat. Käytännön sovelluksissa voidaan siten hyödyntää luontaista muuntelua.

Puista voidaan esimerkiksi löytää uusia lääkeaineita. Myös



Metla/Teijo Nikkanen

Tuija Arosen ryhmä tutkii geenimuuntelua, jonka avulla saadaan tietoa yksittäisen geenin toiminnasta. On tärkeää löytää mielenkiintoiseen ominaisuuteen vaikuttava geeni tai geenit, ja selvittää, miten ne toimivat. Sovelluskohteita voivat olla puuaineen erilaiset ominaisuudet, kuten lahonkestävyys ja ligniinin määrä tai laatu.

hyvin myrkylliset lahonsuoja-aineet voitaisiin korvata, jos niitä pystyttäisiin tuottamaan luontaisesti.

Yhtenä tavoitteena on kehittää myös työkaluja ligniinin määrän ja laadun hallitsemiseksi. Ligniini on yksi puun pääainesosista selluloosan ja hemiselluloosan ohella. Selluloosamassan valmistaminen puusta käsittää tyypillisesti ligniininpoistovaiheen, jossa käytettävät kemikaalit ovat sekä kalliita että ympäristöä kuormittavia.

— Yksi keino vaikuttaa sellunkeiton ongelmiin on jalostaa puurakka-ainetta, jossa on vähän ligniiniä. Toistaiseksi Metlan tutkimuksessa on saatu muutettua ligniinin kemiallista laatua, mutta sen määrään ei ole pystytty vaikuttamaan.

Jos ligniinin määrään vaikuttava geeni löydetään, sillä voi olla suuria taloudellisia vaikutuksia. Arvion mukaan 5–7 prosentin vähennys raaka-puun ligniinipitoisuudessa lisäisi sellun saantoa kaksi prosenttia. Tällöin puhuttaisiin miljoonien eurojen kustannusvaikutuksista.

Pohjois-Amerikassa geenitutkimuksesta saatu tieto yhdistyy jo käytäntöön. Siellä on perustettu loblollymännyn siemenviljelyksiä, joissa on mukana puita, jotka paitsi kasvavat hyvin, myös kantavat luonnostaan vähemmän ligniiniä tuottavaa geeniä.

Arosen ryhmä on tutkinut kahta koivun toimintaan vaikuttavaa geeniä. COMT-geenin aktiivisuuden on jo todettu vaikuttavan ligniinin kemialliseen laatuun. 4-CL geenin toiminnan, puun kasvun ja ligniinin määrän välisiä yhteyksiä puolestaan selvitetään paraikaa.

Tuija Arosen mielestä puiden geenitoiminnan tutkimisesta hyötyvät muidenkin alojen tutkijat.

— Esimerkiksi geenien säätelyssä voi olla yleispäteviä lainalaisuuksia, joista voivat hyötyä myös sellaiset geenitutkijat, jotka eivät tutki metsäpuuta. Yksi mielenkiintoinen kohde on tutkia mekanismeja, joilla puut ja muut eliöt kommunikoivat molekyylitasolla keskenään. Voidaan myös selvittää, miten puun puolustusreaktiot ja stressivasteet syntyvät sekä miten taudinaiheuttajat pyrkivät välttämään näitä puolustusemekanismeja.

Geenitutkimuksesta voi olla apua jopa ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.

— Jos tiedetään, miten puiden perimät sopeutuvat erilaisiin olosuhteisiin, voidaan paremmin ennustaa kuinka nykyiset puupopulaatiomme menestyvät tulevaisuudessa. Tällähän on suuri taloudellinen ja yhteiskunnallinen merkitys, Aronen huomauttaa.

Taistelu tauteja ja ilmastonmuutosta vastaan

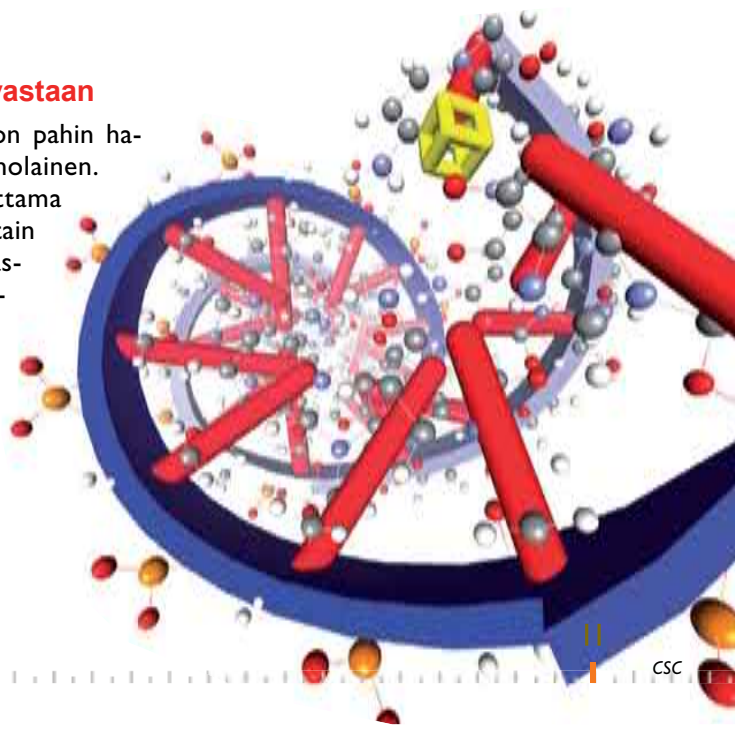
Suomessa juurikäpää on pahin havupuumetsien sienituholainen. Lahovaurioiden aiheuttama tuhon laatu on vuosittain 40 miljoonaa euroa. Tästä 80 prosenttia on juurikäpien aiheuttamaa. Se on hyvä esimerkki taudista, jonka vakuutta ilmaston lämpeneminen voi pahentaa.

— Tautien merkitys on talousmetsissä jatkuvassa kasvussa.

Puunkorjuumenetelmien muutosten lisäksi ilmastonmuutos voi lisätä tautiuhon metsissämme, metsägenetiikan professori **Katri Kärkkäinen** varoittaa.

Kärkkäinen, joka on erikoistunut metsäpuiden sopeutumisoimaisuusien geneettisen perustan tutkimiseen, on huolissaan. Havupuiden taudinkestävyyteen vaikuttavista geeneistä tiedetään vielä varsin vähän. Suomessa tutkimuksen olisi terästäydettävä.

Metsänjalostuksessa on keskitytty parantamaan puun kasvua ja ulkoisia laatuominaisuuksia. Useissa maissa on kuitenkin ryhdytty kiinnittämään huomiota myös taudinkestävyyteen. Kärkkäisen mielestä jalostusohjelmat hyötyisivät paljon uudesta tutkimustiedosta. Keskeisiä kysymyksiä on monia. Johtuuko taudinkestävyys yhdestä tai useammasta geenistä? Entä pystytäänkö nämä geenit tunnistamaan? ►►



Tutkimushankkeet:

- Puiden sopeutumiso-minaisuuksien ja ta-loudellisesti tärkei-den ominaisuuksien geneettinen perus-ta 2004–2008 (Katri Kärkkäinen)
- TREESNIPS -deve-loping SNP markers for adaptive variation in trees 2004–2006. Hankkeessa tutkitaan mm. männyn fenolo-gisten erojen geneet-tistä perustaa. (Katri Kärkkäinen)
- Metsien patogeenien ja tuholaisten mole-kyylibiologia -hank-keessa on kehitetty juurikääpien eri tyy-pien tunnistamisjär-jestelmä (Jaakko Han-tula)
- Lahottajasienten met-sätaloudelle aiheutta-mien riskien tunnistami-nen ja hallinta (Tuula Piri)
- Versosurman kontrol-lointimahdollisuudet jalostuksen keinoin. Hankkeessa selvitetään kuinka paljon männyssä on geneettistä muun-telua versosurmakestä-vyydessä. (Jaakko Han-tula)
- Biotekniikka metsäge-netiikan ja metsänjalos-tuksen tutkimuksessa (Tuija Aronen)
- Ligniinin biosynteesin tutkimus metsäpuil-la siirtogeeniteknii-kan keinoin ja ligniini-muo-kattujen puiden ekolo-giset interaktiot (Tuija Aronen)



Metla/Erkki Oksanen

Kun ihmisellä on DNA:ssa kolme miljardia emäsparia, havupuilla vastaava määrä on moninkertainen. Biotek-nisiä menetelmiä käytetään tautikantojen tunnistukses-sa, mikrobilajistojen ja my-korritsakantojen kartoituk-sessa sekä myyrien levittä-mien tautien tutkimuksessa. Vaikka tutkimusongelmat ovat erilaiset, tekniikka lä-hentää ja edesauttaa moni-tieteellisten tutkimushank-keiden syntyä. Yksilöistä eristetyt DNA:n analysointi-tekniikat ovat hyvin saman-kaltaisia oli DNA peräisin puusta, sienestä tai myyrän viruksesta, Metlan Katri Kärkkäinen toteaa.

Juurikäävän taudinkestävyyttä tutkitaan altistamalla taimet taudille, jonka jälkeen puusta otetaan DNA-näyte. Kun DNA on eristetty, tehdään juurikääpyypin tunnistami-seen kehitetyt PCR-reaktiot. PCR-menetelmällä (Polymerase Chain Reaction) voidaan monistaa miljar-deja kopioita tietyistä DNA-aluees-ta. Menetelmää käytetään rikostut-kinnassa DNA-sormenjäljen määrit-tämiseksi. Tiedyt kohdat sisältävät paljon vaihtelua yksilöiden välillä ja helpottavat tunnistamista.

Metsägenetiikassa monistami-sella selvitetään, miksi saman ha-vupuulajin yksilöillä on paljon eroja altistua sienitaudeille. Olennaista on siis tietää, mikä tärkeistä geeneis-tä aiheuttaa eroja yksilöiden välille ominaisuuksissa. Luontaisen geeni-muuntelun tunnistaminen on haas-tavaa havupuilla, joissa DNA:ta on valtavasti.

— Urakka ei ole yhtä toivoton kuin vielä vähän aikaa sitten uskot-tiin. Vaikka DNA:ta on paljon, toi-mivia geenejä ei ole paljon havupuil-la. Lisäksi luontaisen geenimuunte-lun tunnistamista helpottaa viimeai-kainen tutkimustieto, jonka mukaan

samat geenit näyttävät aiheuttavan luontaista muuntelua eri lajeissa. Meidän pitää vain löytää ne tärkeim-mät geenit, Kärkkäinen toteaa.

Kärkkäinen on löytänyt litu-ruohosta geenin, joka selittää so-peutumisen muuntelua eri lajeilla. Lituruohosta on löydetty myös gee-ni, joka vaikuttaa puilla kasvuryt-miin. Tällaisia niin sanottuja kandi-daattigeenejä on löydetty vain muu-tama. Kandidaattigeenit voivat aihe-uttaa samanlaisia ominaisuuksia mo-nilla eri lajeilla. Luontaisen muunte-lun geneettisen perustan löytämi-nen tietokannoista on tilastollisesti kuitenkin vaikeaa.

— Onneksi voimme käyttää ihmisgenetiikan kehittämiä tilastolli-sia analysointimenetelmiä hyväk-semme. Ihmisen tautien geneettisen perustan tutkimukseen on kehitetty tehokkaita menetelmiä, joilla pystytään löytämään taudinaiheutta-jakandidaattigeenejä ja arvioimaan niistä löydetyn geenimuuntelun vaikutusta ihmiseen. Me sovellamme samoja menetelmiä puiden ilmas-tonsopeutumis- ja taudinkestävyys-tutkimuksissamme, Kärkkäinen selvittää. ■



Metla/Juhani Häggman

Punkaharjun yksikön geenimuunnellut koivuntaimet tuhottiin kesäkuussa 2004. Noin 2000 neliömetrin suuruisella alueella istutetut lähes 400 tainta oli katkottu ja revitty maasta. Kokeen tarkoituksena oli selvittää geenimuunneltujen metsäpuiden ympäristövaikutuksia, ekologisia vuorovaikutuksia ja siirtogeenien pysyvyyttä.

Metlan geenikokeet

Metlan Punkaharjun yksikön geenimuunnellut koivuntaimet tuhottiin kesäkuussa 2004. Kokeen rahallinen arvo oli vähintään 100 000 euroa, ja kyseessä oli useiden ihmisten vuosien työ. Aiheutettu tuho oli niin suuri, että taimet eivät toipuneet siitä. Koe lopetettiin heinäkuussa 2005.

Viisi vuotta vanhan kokeen taimien alkuperää oli muunneltu hiilidioksidin sidonnasta vastaavan entsyymin osalta. Tarkoitus oli selvittää geenimuunneltujen metsäpuiden ympäristövaikutuksia, ekologisia vuorovaikutuksia ja siirtogeenien pysyvyyttä. Kenttäkoe oli osa laajempaa puiden hiili- ja typpi-aineenvaihdunnan tutkimuskokonaisuutta, jota toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen sekä Helsingin, Joensuun ja Oulun yliopistojen yhteistyönä. Kenttäkokeelle kasvatettavaksi oli valittu pääasiassa koivuja, joihin oli siirretty hiilensidontaan vaikuttava geeni. Lisäksi kentällä oli kontrollitaimia ja taimia, joihin oli siirretty pinaatista

peräisin oleva typen aineenvaihduntaan vaikuttava geeni.

Tietoa geenimuunneltujen puiden ympäristövaikutuksista on niukasti ja monialaisen ympäristötutkimuksen tarve on laajasti tunnustettu. Tuhotun kokeen avulla näitä kysymyksiä olisi voitu selvittää. Koe oli ainutlaatuinen, koska tutkittavat geenit olivat peräisin kasveista (koivusta ja pinaatista) ja edustivat tärkeimpiä aineenvaihduntareittejä (hiili ja typpi), jotka ovat merkittävyytensä takia monella tasolla säädeltyjä. Tämän kokeen avulla olisi myös ollut mahdollista tutkia geenimuunneltujen puiden ympäristövaikutuksia Suomen oloissa.

Metsäntutkimuslaitoksessa tehtävä geenimuuntelututkimus on luvanvaraista ja sitä valvoo geeniteknikan lautakunta. Geenimuunneltujen kasvien mahdolliset ympäristövaikutukset ovat herättäneet keskustelua. Siksi Metsäntutkimuslaitoksessa tutkitaan näitä kysymyksiä monissa hankkeissa.

Ligniini- ja typpimuunneltuja koivuja käytetään myös geenimuuntelun ekologisten vaikutusten tutkimiseen valvotussa laboratorio- ja kasvihuonetiloissa. Esimerkiksi geenimuunneltua koivunlehteä voidaan syöttää toukille, jonka jälkeen seurataan ravinnon kelpaamista ja toukan kasvua. Tähän mennessä on todettu että ligniinin laadun muuntelu ei vaikuttanut toukkien kasvuun eikä lehtiravinnon kelpavuuteen. Lisäksi tutkitaan ligniinin laadun muuttamisen vaikutusta koivun lehtien, juurten ja varrenpalasten maatumiseen. Merkittävä tutkimuskohde on mykorrhizasieni, joka elää symbioosissa puun juurten kanssa. Metlassa selvitetään, vaikuttaako ligniini- ja typpimuuntelu sienijuuren muodostumiseen.

Punkaharjulla tutkitaan siirtogeenitekniikoilla muunneltuja kasveja ja siellä on muun muassa onnistuttu ensimmäisenä maailmassa tuottamaan muuntogeeninen mänty siitepölyväritteisen menetelmän avulla. Metlan Vantaan yksikössä on puolestaan keskitytty luontaiseen geenimuunteluun.

Geenien ilmentyminen

Datan määrän hurja kasvu on mul-
listanut geenitutkimuksen. Koko
ajan löydetään yksilön ominaisuuksii-
siin vaikuttavia uusia geenejä. Seu-
raava vaihe on selvittää geenin toi-
mintaa. Tutkijat vertailevat löyde-
tyn geenin toimintaa tietokannois-
sa olevaan aineistoon. Biologien ja
tietokonetutkijoiden yhteistyö on
synnyttänyt tehokkaan tavan tutkia
eliöiden perimää, bioinformatiikan.

Kehitys aikuisiksi yksilöksi nou-
dattaa ennalta määrättyä biolo-
gista ohjelmaa. Se on koodattu
perimään eli yksilön vanhempien
DNA:han. DNA:n toiminnallisia
yksiköitä sanotaan geneeiksi.

Keskeisinä tapahtumina kehi-
tyksessä ovat solujen jakautuminen
ja erilaistuminen. Solujen jakautu-
minen on kehityksen aikana ajalli-
sesti ja paikallisesti tarkasti säädel-
tyä. Esimerkiksi eläimillä solujen
määrä vaikuttaa suoraan elinten
kokoon, niiden keskinäiseen suh-
teeseen sekä niiden muotoon. Puil-
la solujen määrä ja koko vaikuttaa
muun muassa lignii-
nin määrään ja puun
tiheyteen.

Solujen määrää
säätelee kehityksen
aikana myös ohjel-
moitunut solukuo-
lema, joka hävittää
turhat solut. Solu-
jen erilaistuminen
tapahtuu vaiheittain.
Ne ohjelmoituvat
jollekin kehityslinjal-
le. Tämän jälkeen ta-
pahtuu kaavoittumi-
nen. Eläimillä tarkas-
ti määrättyille paikoil-
le syntyvät pää, raa-
jat, silmät ja sormet. Kasveilla syn-
tyy vastaavasti juuristo ja maanpääl-
linen verso, johon esimerkiksi puilla
muodostuvat lajille tyypillinen run-
ko ja oksisto. Kasveilla yksilönkehi-
tys ja osien erilaistuminen on jous-
tavampaa kuin eläimillä, esimerkik-
si katkenneen latvan tilalle kasvaa
yleensä uusi.

Kaavoitusohjeet liittyvät gee-
nien aktiivisuuteen eliössä. Jos-

kus geeni kytkeytyy päälle
ja joskus lakkaa toimimasta.
Tätä aktiivista toimintaa
kutsutaan geenin ilmen-
tymiseksi. Geenien il-
mentyminen on yk-
si kiinnostavimpia
kehitysbiologian
tutkimuskohte-
ita. Geenit kytkey-
tyvät päälle eli il-
menevät soluissa eri
aikoina, mikä on syy-
nä solujen erilaistumi-
selle. Geenien hallittu
ilmeneminen oikeassa pai-
kassa oikeaan aikaan on välttä-
mätöntä yksilön kehitykselle.

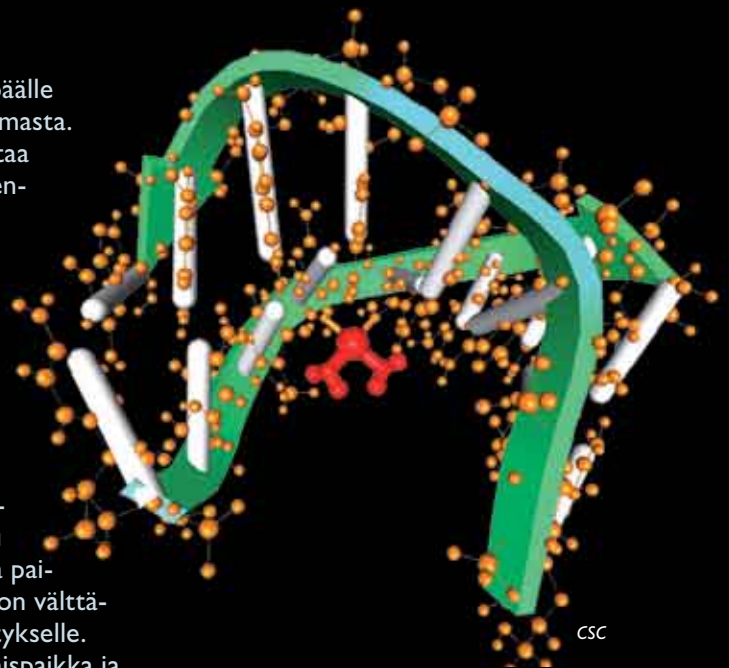
Geenien ilmentymispaikka ja
-aika auttavat arvioimaan geenin
mahdollista toimintaa. Geenien on
kytkeydyttävä päälle ja pois päältä
tarkalleen oikeaan aikaan. Geeni-
en ilmentyminen väärässä kehi-
tysvaiheessa voi johtaa häiriöihin
yksilönkehityksessä, syöpään tai
solujen kuolemaan.

Kaikki geenit ovat solun tu-
massa pakattuina kromosomeihin.
Geenit kopioidaan tumassa, jol-
loin syntyy lähetti-RNA. Lähetti-
RNA:n ohjeen mukaan aminoha-
pot liittyvät ketjuik-
si, joissa syntyvät
valkuaisaineet eli
proteiinit. Geenin
ilmenemisen keskei-
nen asia on lähetti-
RNA:n ohjeiden
mukaan tapahtuva
proteiinisynteesi.

Mikrosirutekniik-
kalla voidaan tut-
kia samanaikaises-
ti tuhansia erilaisia
DNA tai RNA-mo-
lekyylejä. Kunkin
lasisirulla olevan
näytekohdan väris-
tä voidaan päätellä,

mitkä geenit ovat toiminnassa ja
mitkä eivät.

Tekniikan avulla pystytään ver-
taamaan geenien ilmentymistä
eri solukoissa tai esimerkiksi eri
ajankohtina. Voidaan etsiä kahdes-
ta eri näytteestä peräisin olevien
RNA-populaatioiden eroavaisuuksia.
Kun verrataan terveen ja sai-
raan kudoksen RNA-molekyyliden
määrää, saadaan samalla kertaa



CSC

tietoa hyvin moni-
en geenien toiminnasta. Kas-
veilla voidaan seurata sitä, mitkä
geenit ilmenevät puun valmistautu-
essa talveen (kylmäkaraistuminen,
kasvun päättymisen) tai mitä muu-
toksia kasvitautien hyökkäys aihe-
uttaa geenien toiminnassa. EST
(expressed sequence tag)-tekniik-
ka antaa tietoa geenin sijainnista
ja toiminnasta. EST-tietokannoissa
on mukana vain toimivia geenejä.
Selvittämällä geenien emäsjärjes-
tys eli sekvenssi saadaan kullekin
ilmenevälle eli ekspressoituvalla
geenille tunnistin (tag). EST-tutki-
mista hyödynnetään kylmyyden,
kuivuuden, tautien sekä muiden
ympäristöolojen mukaan aktivoi-
tuvien geenien toiminnan ymmär-
tämiseen.

EST-tietokannan avulla voidaan
laatia esimerkiksi koivun kylmän-
kestävyyteen vaikuttavien geeni-
en kirjasto. Koivun DNA koos-
tuu 470 miljoonasta emäsparista,
joista kuitenkin vain kymmenesosa
on toiminnallisia geenejä. Näistä-
kin vain osa aktivoituu ympäris-
tön lämpötilan laskiessa. Aineisto
saadaan lyhyessä päivänpituudessa
kasvaneista kasveista. Koivusta ja
kuusesta on poimittu lisäksi useita
kymmeniä ligniinin muodostu-
miseen liittyvien geenien lähette-
jä talteen. Näiden avulla voidaan
kloonata eli eristää kokonaisia
geenejä, jotka vaikuttavat ligniinin
tuottamiseen. Helsingin yliopistos-
sa on koivusta yli 70 000 geenin
kirjasto.

Kolumni

Tutkimuksen lisäarvo

Työpaikallani vieraillut liikkeenjohdon konsultti aloitti kyselynsä organisaatiossa työskentelevän äitinsä lisäarvosta. Äidin tuottavuus ja rahallinen arvo tuli konsultin mielestä pystyä joka hetki mitaamaan. Ilman lisäarvoa äiti saisi pojan mielestä siirtyä kortistoon.

Mietiskelyyn ja vuosikymmenien mittaisiin havaintosarjoihin tottuneet tutkijat ovat olleet viime aikojen höykytyksessä ihmeissään. Tuloksia tämän päivän ongelmiin pyydetään kiireisellä aikataululla vedoten asiakkaiden tai rahoittajien tietotarpeisiin. Tutkimuslaitoksissa ja yliopistoissa kehitellään kiivaasti mittareita, joiden ensisijaisena tavoitteena on toiminnan tehostaminen. Mittareilla pystytään seuraamaan tämän hetken työtahtia. Pahimmillaan sopimattomien mittareiden kehittäminen ja seuraaminen saattavat kuitenkin lamaannuttaa toimintaa. Mittarina käytetty tutkijoiden osuuden kasvattaminen saattaa vähentää tutkimuksen vaikuttavuutta siirtämällä tieteentekijöitä sellaisiin hallintotehtäviin, joita he eivät edes osaa. Metsäntutkimuksen yhteiskunnalle tuottamaa lisäarvoa näillä mittareilla on vaikea arvioida tai lisätä.

Seuraavassa muutama esimerkki sopivan karkeista mittareista.

Mittari 1: Metsien tuotto ja puunkorjuun kustannukset

Vuosikymmeniä seurattuihin kokeisiin perustuvat harvennusmallit ja lannoitusuusiutukset antavat metsänomistajille mahdollisuuden tuplata metsiensä tuotto verrattuna poimintahakkuun harvoiksi hakattuihin metsiin. Vaikka suomalaisten metsäkoneiden maailmanvalloitus on paljolti taitavien suunnittelijoiden ja hitsareiden ansiota, on myös tutkimuksella ollut sormensa pelissä. Koneilla ei olisi paljoakaan käyttöä, ellei korjuussa käytettäviä menetelmiä ja kuljetuslogistiikkaa olisi hiottu tutkijoiden ja koneenvalmistajien yhteistyönä.

Mittari 2: Ojituksella tuotetun puuston määrä

Rahallisesti suurimman lisätuoton Suomen metsiin on tuottanut soiden ojitus. Ilman perusteellista ja laajaa tutkimusta soiden vesi- ja ravinnetaloudesta ojitus ei olisi koskaan saavuttanut nykyisiä mittasuhteita. Ojitetuilla soilla kypsyy parhaillaan 300 miljoonaa kuutiometriä uutta puuta tukkipuun mittoihin. Ojitusalueille kasvaneen lisäpuun tuotantokustannus on ollut karkean laskelman mukaan noin kolme euroa kuutiolta eli kymmenesosa puun todellisesta arvosta.

Mittari 3: Metsien käyttöaste

Metsäntutkimuksen, koulutuksen ja neuvonnan tuottaman kokonaishyödyn yksinkertaisin mittari on metsien käyttöaste. Suomessa hakkuut ovat olleet jatkuvasti noin 85 prosenttia kestävästä mahdollisuudesta, kun muualla läntisessä maailmassa jäädytään yleisesti 50 prosentin tasolle. Osasyynä rohkeisiin hakkuisiin on se, että meillä on yli 80 vuotta tehtyjen metsäinventointien ansiosta maailman tarkin tieto metsävaroista ja kannattavat, mutta luontoa säästävät hakkuumenetelmät sekä puuta jalostavan teollisuuden riittävä kapasiteetti.

Jos oletetaan, että Suomen ja muun Euroopan metsien käyttöasteen ero on tutkimuksen, koulutuksen ja neuvonnan ansiota, on 150 miljoonan euron vuotuinen panostus metsäntutkimukseen ja koulutukseen tuottanut metsäteollisuuden tuotantoon 5000 miljoonan euron lisäarvon. Laskelmassa ei ole mukana viime vuosikymmeninä yli 40 prosenttiin kohonnutta metsien kasvua eikä kannattavia harvennushakkuita, jotka lisäävät hakkuumahdollisuuksia entisestään. Nekin ovat tutkimuksen tuottamaa lisäarvoa.

Metsäntutkimus on eräänlaista riskibisnestä, jonka tuottamat hyödyt realisoituvat vasta jälkikäteen. Jopa puolet tehtävästä tutkimuksesta saattaa jälkikäteen osoittautua hyödyttömäksi, joskus jopa haitalliseksi. Niin kauan kuin emme varmuudella tiedä, kumpi puoli tutkimuksesta on hyödyttöä, meidän on mukisematta maksettava koko lasku.

“Pahimmillaan sopimattomien mittareiden kehittäminen ja seuraaminen saattavat kuitenkin lamaannuttaa toimintaa.”



Metla/Erkki Oksanen

TIETOTEKNIikka HAASTAA PAPERI- JA METSÄALAN KEHITTYMÄÄN

Janika Seppälä

Paperiteollisuus kokee Suomessa saman murroksen kuin moni muukin perinteinen teollisuuden ala. Maailman markkinoiden vapautumisen myötä kilpailu kovenee ja tuotantoa siirretään halvempien tuotantokustannusten maihin. Paperi- ja metsäteollisuuden alalla joudutaan nyt pohtimaan, kannattaako tuotantoa pitää Suomessa.

Mediassa kesän aikana julkaistujen kirjoitusten perusteella paperikoneita ja myös kokonaisia tehtaita ajetaan Suomessa lähivuosina alas. Samalla puhutaan tuotantoinvestointien lisäämisestä ulkomaille. Tuotannon vähentämisestä Suomessa syytetään milloin Kiina-ilmioita, milloin paperityöläisten palkkatasoa. Yksi osatekijä paperi- ja metsäteollisuuden alan murroksessa on tietotekniikan yleistyminen ihmisten työelämässä ja vapaa-ajalla sekä sen vaikutukset teollisuuden tuotannon menetelmiin.

Metlan erikoistutkija **Lauri Hetemäki** on pohtinut metsä- ja paperiteollisuuden tulevaisuuden haasteita. Hetemäen mukaan Suomessa pitäisi viimeistään nyt herätä huomaamaan alan tulevaisuuden haasteet, ja pohtia uusia mahdollisuuksia hyödyntää maamme osaamista metsä- ja paperisektorilla tietotekniikkaa soveltaen.

Perinteisten paperituotteiden markkinat siirtyvät Aasiaan

Yksi merkittävä sektori, joka on kohdannut tietotekniikan yleistymisen vaikutukset on viestintään käytettävät paperit (sanomalehtipaperi, aikakauslehtipaperi ja toimistopaperi). Yhdysvalloissa, Pohjoismaissa ja muutamissa muissa OECD-maissa sanomalehtien levikit ovat 1990-luvun alkupuolelta lähtien laskeneet. Lehdet pyrkivät saamaan kuluttajia television ja Internetin äärestä lehtien pariin yhä vetoavammalla ulkoasulla ja tarkemmin lehtien kohdeyleisöille hiotuilla sisällöillä. Ainakin toistaiseksi sanomalehtiä populaarimpia sisältöjä tarjoavat aikakauslehdet ovat pystyneet kasvattamaan levikkiään, joskin hitaammin kuin ennen.

— Ihmisten ajankäyttö on muuttunut. Esimerkiksi USA:ssa on viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana haastateltu ihmisiä siitä, miten paljon aikaa he kuluttavat eri medioiden seuraamiseen. Tulosten mukaan kaikki printtimediaan käytetty aika on vähentynyt ja sähköisen median seuraaminen on lisääntynyt. Kyseessä voi olla nuorilla ihmisillä esimerkiksi videopelien pelaamisen lisääntyminen, mutta se aika on joka tapauksessa pois muun median seuraamisesta, kuten sanomalehtien lukemiselta, Hetemäki toteaa.

Tietotekniikka ja sähköinen media on voinut viedä ihmisiä pois lehtien ääreltä, mutta vanha ennustus tulevaisuuden paperittomasta toimistosta ei ole toteutunut. Vaikka tietotekniikka on ihmisten työympäristössä aina vain enemmän, toimistoissa kulutetaan paperia enemmän kuin parikymmentä vuotta



Metla/Erkki Oksanen

Tutkimustulosten mukaan printtimediaan käytetty aika on vähentynyt ja sähköisen median seuraaminen on lisääntynyt. Tietotekniikka ja sähköinen media on voinut viedä ihmisiä pois lehtien ääreltä, mutta vanha ennustus tulevaisuuden paperittomasta toimistosta ei ole toteutunut.

sitten. Tietotekniikan yleistyminen työympäristöissä on tuonut mukanaan tulostimet, eivätkä paperipinot ole väistyneet ihmisten työpöydiltä tietokoneiden tulon myötä. Hetemäen mukaan tilanne on kuitenkin muuttumassa, muun muassa Yhdysvalloissa toimistopaperin kulutus on kääntynyt laskuun. Yritykset ja julkinen sektori ovat viime vuosina omaksuneet politiikan, jolla pyritään vähentämään paperin käyttöä. Tämä trendi voimistuu ajan myötä.

Vaikka eräissä OECD-maissa paperin kulutus taantuukin, muissa maissa kulutus kasvaa edelleen voimakkaasti. Tämän johdosta maailman mittakaavassa paperin kulutus jatkaa kasvuaan. Suomen kannalta Hetemäen mukaan on haasteellista, että kasvu tapahtuu pääasiassa Kiinassa, muissa Aasian maissa ja Itä-Euroopassa, eikä Suomen paperin viennin kannalta tärkeillä alueilla kuten Länsi-Euroopassa.

— Tietotekniikan kehitys vahvistaa niitä muutoksia, jotka ovat tapahtumassa jo muutenkin. Perinteinen paperiteollisuus on siirtymässä OECD-maista yhä enemmän näiden ulkopuolelle, ja tämä koskee sekä paperin kulutusta että tuotantoa. Tämä tapahtuu joka tapauksessa globalisaation seurauksena, koska tuotantokustannukset ovat muualla halvempia ja kasvu nopeampaa. Tietotekniikka ja sen käytön yleistyminen vahvistaa tätä kehitystä, Hetemäki kertoo.

Tietotekniikan vaikutukset paperi- ja metsäteollisuuteen ulottuvat myös varsinainen tehtaitten ulkopuolelle.

— Asia, joka usein unohtetaan puhuttaessa paperituotteiden kulutuksesta ja tuottamisesta on se, että tietotekniikka vaikuttaa myös paperituotteiden hintoihin. Tietotekniikalla on näiden tuotteiden hintoihin pääsääntöisesti alentava vaikutus, muun muassa tuotavuuden nousun takia. Tämä taas vaikuttaa yritysten kannattavuuteen, ja sitä kautta hintojen aleneminen välittyy puolestaan raa-

kapuun hintaan eli metsänomistajien tuloihin, Hetemäki huomauttaa.

Hetemäen mukaan kaikki kehityksen suunnat viittaavat siihen, että uusia paperitehtaita ei tulevaisuudessa rakenneta Suomeen. Se ei olisi järkevää kustannusten ja markkinoiden painopisteen siirtymisen takia. Investointeja siirrellään paremmin tuottaviin maihin.

Paperi- ja metsäalan tulevaisuus uusissa tuotteissa

Sähköisen sanomalehden tulemista on ennustettu pitkään ja tämä muuttaisi nykyisen printtimedian luonnetta.

— Tarvittava tekniikka on jo olemassa. Jo nyt voidaan valmistaa näyttöalustoja, jotka voidaan laittaa rullalle ja ottaa laukkuun mukaan. Tämä teknologia kehittyy jatkuvasti yhä käyttäjäystävällisemmäksi ja kustannuksiltaan kilpailukykyisemmäksi. Ajan myötä myös ihmisten kulutustottumukset muuttuvat ja uudet teknologiat hyväksytään arkipäivän käyttöön. Muutokset voivat olla vaikutuksiltaan laajakantoisia kuten esimerkiksi digitaalisen valokuvauksen kohdalla, Hetemäki toteaa.

Hetemäki kertoo, että näyttöalustan valmistamiseen on olemassa erilaisia tekniikoita, ja yksi näistä tekniikoista on hybridituote joka yhdistää puukuituja sähköiseen elektroniikkaan. Myös Suomen metsäyritykset ovat jonkin verran mukana näyttöalustojen kehitysyhteistyössä, mutta kehittelystä vastaavat pääasiassa suuret tietotekniikkayritykset kuten Sony ja IBM. Hetemäen mukaan paperiteollisuuden onkin tärkeää seurata, mitä oman alan ulkopuolella tapahtuu, sillä uudet innovaatiot tulevat usein muilta aloilta tai niiden innoittamina.

Hetemäki pitää kiinnostavana lisänä metsä- ja paperialan perinteisille tuotteille biorefinery-tuotteita. Biorefinery tarkoittaa biojaloste-tuotteita, kuten selluloosan sivutuotteena tuotettavissa olevaa etanolia.

Etanolia voidaan käyttää muun muassa polttoaineena autoissa. Fossiilisiin polttoaineisiin (benssiini) verrattuna etanolin etuna on sen ympäristöystävällisyys. Selluloosaa voidaan hyödyntää myös monissa muissa tuotteissa, kuten vaatteiden kuiduissa ja suomalaisessa Benecol-levitteessä. Näissä tuotteissa varsinaisen puun tarve on vähäinen. Metsänomistajien kannalta Hetemäki pitääkin kiintoisimpana tulevaisuuden mahdollisuutena etanolin tuotantoa ja muuta metsiin perustuvaa bioenergiatuotantoa.

Suomessa panostus biojalosteiden tuotantoon on toistaiseksi ollut suhteellisen vähäistä, kun taas esimerkiksi Ruotsissa on jo etanolin tuotannon pilottilaitos. Samoin Yhdysvalloissa ja Kanadassa panostus biojalosteisiin on ollut voimakasta. Etanolin tuottaminen sellusta on tullut yhä halvemmaksi ja toisaalta fossiilisten polttoaineiden hinnat ovat nousussa. Nämä tekijät ja ympäristönäkökohdat kannustavat toimialan kehitystä. Yhdysvaltojen paperiteollisuusyhdistys arvioi, että vuonna 2020 maan selluteollisuus saa etanolista saman suuruiset tulot kuin sellun tuotannosta. Miksi sitten Suomi ei ole lähtenyt voimakkaasti mukaan metsäteollisuuteen kytkeytyvän etanolin tuotantoon?

— Se on hyvä kysymys. Näyttää siltä, että viimeisen vuoden aikana kiinnostus tähän on kuitenkin selvästi lisääntynyt, jos kuuntelee esimerkiksi metsäteollisuusyritysten tutkimusjohtajien esitelmiä. Mutta mitä yrityksissä varsinaisesti tehdään tämän asian eteen, on vaikea sanoa, Hetemäki vastaa.

Minkälaisia panostuksia uusien tuotteiden kehitykseen pitäisi Suomen paperi- ja metsäteollisuudessa tehdä? Hetemäen mukaan sen ajatuksen hyväksyminen, että metsäsektorin pitää satsata uusiin tuotteisiin,

on ensi askel. Kyseessä on sekä taloudellinen että asennekysymys, johon liittyvät yritysten strategiat ja myös julkisen vallan politiikka.

— Voi olla, että nykyisten metsäteollisuusyritysten tavoitteena on vain laajentua uusille markkinoille, tehdä nykyisiä tuotteita yhä enemmän ja myydä niitä nykyistä laajemmalla alueella, eivätkä ne ole riittävän kiinnostuneita uusien tuotteiden kehittämisestä Suomessa. Uusien tuotteiden kehitystä saattaakin ajaa voimakkaammin muut toimialat, kuten esimerkiksi energia- ja kemianteollisuus, Hetemäki toteaa.

Myös metsäpolitiikan painopistettä voisi Hetemäen mukaan siirtää uusien tuotteiden kehitykseen ja tutkimukseen nykyisten rakenteiden säilyttämisen sijasta. Tämä saattaisi olla myös metsänomistajien pitkän aikavälin edun mukaista.

Tietotekniikka muuttaa paperiteollisuuden ja metsäsektorin toimintaa, mutta se tarjoaa myös uusia mahdollisuuksia kehittää alaa.

— Kaikkien alojen tulee olla kykeneviä sopeutumaan murrokseen, ja Suomen metsäsektorin tulevaisuus riippuu paljolti sen kyvystä etsiä ja hyväksyä uusia innovaatioita toimintansa osaksi, Hetemäki kiteyttää. ■

Lauri Hetemäen artikkeli ICT and Communication Paper Markets on ilmestynyt Information Technology and the Forest Sector -julkaisussa IUFRO World Series -sarjassa (toim. Hetemäki, L. ja Nilsson, S.). Julkaisu on tulostettavissa: www.metla.fi/julkaisut/muut/ICT-forest-sector-2005.pdf

Lauri Hetemäki on pohtinut metsä- ja paperiteollisuuden tulevaisuuden haasteita.

Metsäenergialla katetaan noin viisi prosenttia energian kokonaiskulutuksesta. Kun mukaan otetaan metsäteollisuuden jäteliemet ja muut vastaavat sivutuotteet, nousee luku jo 22 prosenttiin. Uusiutuvista energialähteistä realistisimmat kasvuodotukset kohdistuvat metsäenergiaan. Puuperäiset polttoaineet ovat toiseksi merkittävien energianlähdde heti öljytuotteiden jälkeen. Puuperäisten polttoaineiden taakse jäävät muun muassa hiili ja ydinvoima.

EU:n komissio haluaa vauhdittaa bioenergian, maakaasun ja vedyn käyttöä liikennepolttoaineena. Vuonna 2010 biopolttoaineiden osuuden tulisi olla 5,75 prosenttia tieliikennekäyttöön myytyjen polttoaineiden energiasisällöstä. Nykyisin tuo luku on Euroopassa noin 0,5 prosenttia. Avainasemassa VTT:n erikoistutkija **Juhani Laurikon** mukaan on puubio-massan hyödyntäminen.

— Peltokasvien kasvattaminen riittävällä volyyymilla vaatii Brasilian kaltaisia kasvuoloja, ja niitä meillä ei ole.

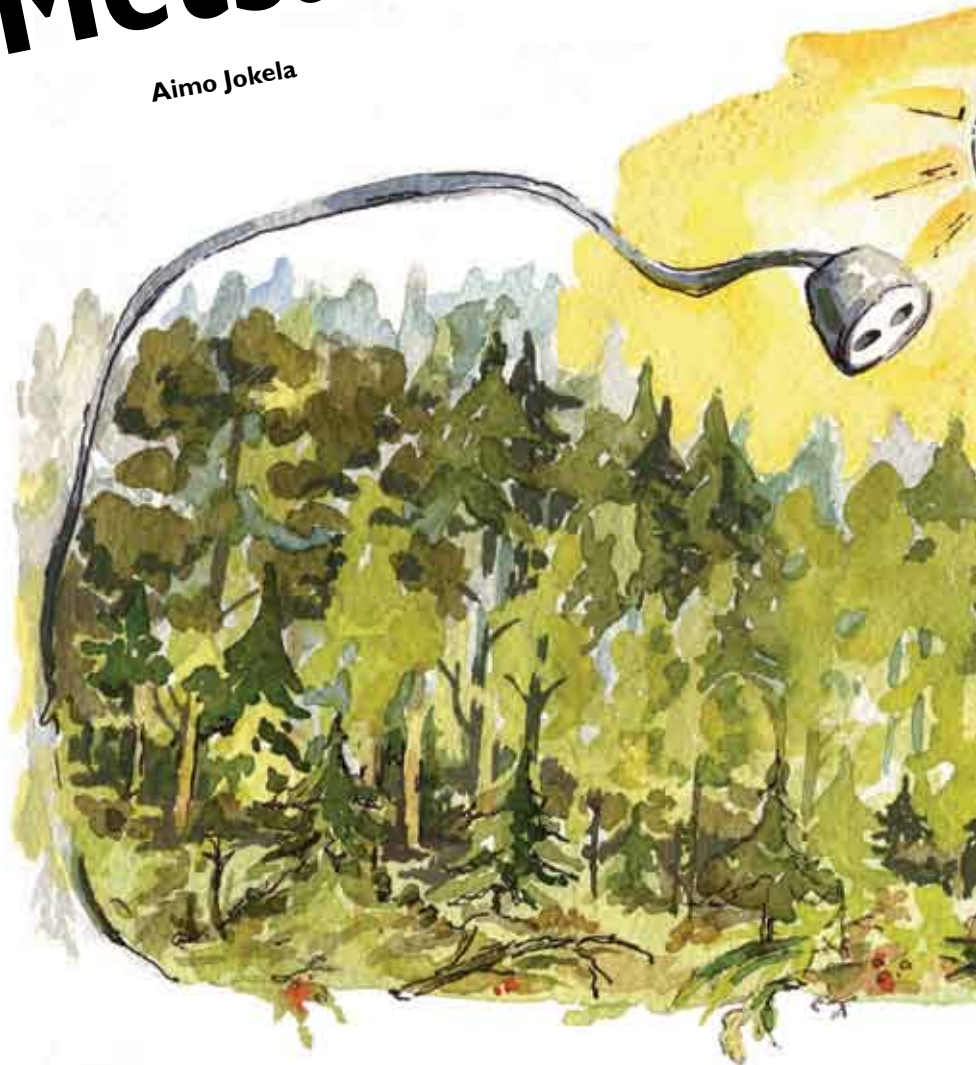
Laurikko pitää yhtenä vaihtoehtona synteesikaasun valmistamista liikenteen tarpeisiin esimerkiksi metsäteollisuuden tähteistä. Kaasusta kannattaa valmistaa edelleen nestemäisiä tuotteita, joiden jakelu ja käyttö ovat helppompia.

Vielä vuonna 1997 metsähaketta korjattiin talteen vain reilut 0,2 miljoonaa kuutiota. Vuonna 2004 metsähaketta käytettiin 2,7 miljoonaa kuutiota, josta yli 80 prosenttia paloi energialaitoksissa ja loput pientalokiinteistöissä. Metsähakkeen käyttö on viidessä vuodessa kolminkertaistunut ja vauhti tuntuu vain kiihtyvän.

— Puupohjainen energia on ainoa, jonka käyttöä voidaan merkittävästi lisätä lähitulevaisuudessa, sanoo Metlan professori **Antti Asikainen**. Puuenergian korjuu tulee hoitaa pääosin normaalin puunkorjuun yhteydessä. Toimijoina voivat olla metsäyhtiöt, lämpöyrittäjät tai erilaiset yhtymät. Tutkimukselle mielenkiintoisia aiheita ovat muun muassa teknologian tehokas käyttöönotto, kestävä metsäener-

Metsäenergia on

Aimo Jokela



giatuotanto ja mittausmenetelmien kehittäminen.

— Suunnitelmien toteuttaminen loisi tuhansia työpaikkoja maaseudulle ja olisi kansantaloudellisesti erittäin kannattava ratkaisu, Asikainen sanoo.

Kansallinen metsäohjelma edellyttää käytön nostamista kaksinkertaiseksi nykyisestä vuoteen 2010 mennessä. Puolet tavoitteesta on tarkoitus tyydyttää hakkuutähteellä, neljännes kannoilla ja neljännes pienpuulla.

Vuoden 2025 tavoitteena on kymmenen miljoonaa kuutiota. Tästä huomattava osa muodostuisi uudistushakkuiden hakkuutähteistä. Arvioiden mukaan yli kuusikymmentä prosenttia korjuukelpoisesta metsähakkeesta tulee uudistushakkuilta, rei-

lut kymmenen prosenttia erityisistä energiaharvennuksista ja loput normaaleilta harvennushakkuilta.

— Suurimmaksi ongelmaksi saatetaan muodostua raaka-aineen saanti. Kuljetusmatkaksi laskettiin vielä muutama vuosi sitten 50 kilometriä, nyt matka on reilut sata kilometriä. On tapauksia joissa raaka-ainetta tuodaan yli kahdenkin sadan kilometrin päästä, kertoo Metlan tutkija **Juha Nurmi**, joka on tutkinut hakkuutähteen talteenottoa metsäteollisuudessa.

” Puuperäiset polttoaineet ovat toiseksi merkittävien energianlähde heti öljytuotteiden jälkeen ”

— Aihepiiriä on tutkittu Metlassakin paljon, mutta lisätutkimusta kaipaavat

vielä muun muassa metsäenergian talous metsänomistajan näkökulmasta,

todellinen vaihtoehto



Anna Seppo

kannonnoston vaikutukset ja biomassan talteenoton ympäristövaikutukset, Nurmi jatkaa.

Kohteina metsien uudistusalat

Metsäenergian korjuu kohdistuu lähinnä kuusen uudistusaloihin, sillä niissä kertymä on suurin. Kannonnoston yleistymisen on siirtänyt painopistettä yhä enemmän uudistuskusikoihin. Uudistusalojen etuna on talteenoton helpompi koneellistaminen. Kohteilla voidaan samalla koneella kerätä sekä hakkuutähde että kannot.

— Suurimmat säästöt hakkuutähtien ja kantojen korjuulla, noin 30 prosenttia, saadaan maanmuokkauksessa ja koneellisessa istutuksessa, sanoo Metlan professori **Pertti Harstela**. Kustannukset nousevat hieman taimikonhoidossa, mutta kokonaisvai-

kutukset jäävät Harstelan mukaan selvästi positiiviseksi.

— Metsänhoitotöiden laatu paranee, kun hakkuutähteet ja kannot eivät haittaa. On todettu jopa taimien istutustiheyden hiukan kohoavan, kun istutuskohteita on helpommin löydettävissä.

Biopolttoaineiden korjuun yksi vaikeimmista vaiheista on niiden laadun hallinta. Hakkeeksi paloitellun biomassan varastointi aiheuttaa huomattavia kuiva-ainetappioita, energiasisällön alenemista sekä terveysriskejä. Tähän ovat syynä puun elävien solukoiden, sienten ja bakteerien aineenvaihdunta sekä niiden tuottamat itiöt. Puuaineen kosteus on tärkein puun palamiseen vaikuttavista tekijöistä. Mikäli metsähakkeen

voidaan antaa kuivua palstalla tai väli-varastossa, massan menetys korvautuu parempana lämpöarvona.

Hakkuutähtien korjaaminen mahdollistaa normaalia nopeamman uudistamisketjun, niin sanotun kuumen ketjun. Uudistamisketjua voidaan nopeuttaa jopa kaksi vuotta, mikä laskee kustannuksia taimikonhoidossa jopa 20-30 prosenttia. Hakkuusta istutukseen -ketju voidaan toteuttaa samana vuonna ja käyttää pienempiä ja halvempia taimia. Pintakasvillisuuden kilpailu on yleensä vähäistä ensimmäisenä kasvukautena. Nopeutuneen uudistamisen ansiosta myös kiertoaika lyhenee.

Hakkuutähtien keruun on havaittu nostavan maan lämpötilaa 1-2 °C, mikä nopeuttaa taimien juuriston kehitystä. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan istutustaimien elossaolo on ollut 5-10 prosenttia suurempi hakkuutähteettömillä aloilla.

Kannonnoston ympäristövaikutukset - hallinnassa vai ei?

Puuston biomassan entistä tarkempi talteenotto voi heikentää metsämaan ravinteisuutta ja happamoittaa maaperää. Hakkuutähdettä jää uudistusalalle keskimäärin 30 prosenttia, mikä pienentää ravinnehävikkiä.

— Ravinteita kulkeutuu pois aina eloperäistä materiaalia korjatessa, mutta kokonaisvaikutus on positiivinen, varsinkin tyvilahon vaivaamissa kohteissa, Harstela sanoo.

Puuntuotoskyvyn kannalta ratkaisevaa onkin, voivatko biomassan korjuusta aiheutuvat välittömät ravinne- menetykset korvautua riittävän nopeasti maan orgaanisen aineen mineralisoinnin, mineraalien rapautumisen tai ilmakehästä tulevan laskeuman kautta.

” Puupohjainen energia on ainoa, jonka käyttöä voidaan merkittävästi lisätä tulevaisuudessa ”

Olennaista on metsikön ravinteitarve korjuun jälkeen. Uudistusaloilla ei ravinteiden vähe-

nemisellä ole sellaista merkitystä kuin harvennuskohteilla. Nuorissa kasvatusmetsissä ravinteiden tarve on harvennuksen jälkeen suurimmallaan, kun taas uudistusalalla se on taimikkovaiheessa hyvin pieni. Hakkuutähtien pois vienti uudistusaloilta vähentää ravinteiden huuhtoutumista ympäristöön ja näin vähentää vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta. ►►

Kanto nousee osissa, maanpintaa mahdollisimman vähän rikkoen. Kantojen nosto hakkuualueilla lisääntyy, koska niistä saa hyvää energiapuuta.



Metsä/Erkki Oksanen

Ensiharvennusemetsissä latvukset sisältävät noin kolmanneksen puiden maanpäällisestä biomassasta, mutta noin kaksi kolmannesta puun sisältämistä ravinteista. Yhteispohjoismaisten tutkimusten mukaan hakkuutähteen talteenotto aiheutti ensiharvennusemänniköissä kuuden prosentin ja -kuusikoissa kahdentoista prosentin kasvun taantumien hakkuuta seuraavien kymmenen vuoden aikana.

Uudistushakkuuvaiheessa ravinteiden menetys muodostuu hakkuutähteen korjuusta. Ravinteiden väheneminen on kuusikoissa noin kaksinkertainen männiköihin verrattuna. Uudistushakkuun seurauksena veden ja ravinteiden käyttö lähes lakkaa ja valunta kasvaa. Uudistushakkuu siis

lisää muutaman vuoden ajan ravinteiden huuhtoutumista, mitä voidaan vähentää hakkuutähteen korjuulla.

Kannoista saa hyvää energiapuuta

Kantojen käyttö metsäenergian lähteenä on vasta muutaman vuoden vanha juttu. Voimakkaammin asiaa on viety käytäntöön Jämsänkoskella UPM-Kymmenellä. Korjuupäällikkö **Matti Markkila** on ollut kehittämissä kantojen energiakäyttöä alusta alkaen. Markkila uskoo kantojen merkityksen moninkertaistuvan lähitulevaisuudessa.

— Hehtaarilta saadaan kantoja noin 60 kuutiota, joka vastaa energiassa noin 20 öljytonnia. Raaka-ai-

neen kanssa ei ole ongelmia, osaamme käyttää sitä, sanoo Markkila. Kantojen nostolla estetään tyvilahon eteneminen seuraavaan puusukupolveen, helpotetaan varsinkin koneellista istutusta ja säästetään sulan maan aikaisessa korjuussa kantokäsittelyn kustannus.

Jämsänkoskella tuotetaan nyt kannoilla noin 150 gigawattitunnin (GWh) edestä energiaa. Vuonna 2010 tavoite on kolminkertainen. Kannot tuodaan pääosin autoilla ja yhdessä autossa kantoja tulee noin 120 kuutiota. Toimintasäde on noin sata kilometriä käyttökohteesta. Lähiajan kehittämiskohteita ovat kaukokuljetuksen tehostaminen ja palakoon pienentäminen.



Tehokkaalla hakkurilla metsähaketta syntyy jo metsässä. Haketus siirtyy tulevaisuudessa kuitenkin enemmän suuriin yksiköihin.

— Käyttökohteet ovat pääosin hyvien rautatieyhteyksien varressa. Juna olisi siten luontainen kuljetusmuoto myös kannoille, sanoo Markkila.

Junakuljetuksilla toimintasäde voisi olla 200 kilometriä. Tällä hetkellä käyttöpaikkojen vähäisyys on ongelma. Raaka-aineen saatavuus täytyy myös varmistaa ennen isompia investointeja.

— Metsäpäässä kehitettävää on nostokoneen kannon nostolaitteessa. Kanto olisi saatava nykyistä nätimmin maasta, kuin banaani, pääjuuri kerrallaan. Metsässä tulisi pärjätä yhdellä koneella, vain työskentelylaitetta tulisi vaihtaa, sanoo Markkila.

Seurannaisvaikutusten hallinta

Metsäntutkimuslaitos ja UPM-Kymmene ovat tehneet yhteistutkimusta koko kantobuumin ajan. UPM-Kymmenen puolella tutkimustyötä on tehnyt FT **Markku Halonen**.

— Metla on ollut hyvä yhteistyökumppani. Metlan tutkimukset ovat luotettavia ja korkeatasoisia ja ne an-

tavat hyvin tukea muun muassa metsäenergiapuun korjuumenetelmien kehittämiseksi, Halonen kehuu.

Energiapuun korjuumenetelmien kehitystyö jatkuu ja tulevaisuudessa tutkimukset tulee painottaa yhä enemmän seurannaisvaikutusten jatkoselvittämiseen.

Metsäenergiapuun korjuu lähtee kohdevalinnasta. Kannonostokohteita ovat etupäässä rehevien alueiden kuuksit. Kantopuun määrä on noin neljännes runkopuun määrästä lasketuna. Kantopuun ravinteet ovat pääasiassa pienimmässä hienojuurissa. Pääosa puun ravinteista on kuitenkin neulasissa, lehdistä ja oksissa. Maata käsitellään mahdollisimman pinnanmyötäisesti ja niin, että kivennäismaan pintaa avataan mahdollisimman vähän. Tällä varmistetaan humuksen ja kivennäismaakerrosten säilymistä, estetään ravinteiden valumista pohjavesiin, säilytetään hiilivarastoa maassa ja edistetään metsän uudistamis- ja perkaustointimenpiteitä.

— Kantoja jätetään nostamatta 10-20 kpl/ha, jolloin muodostetaan ehjän kasvillisuuspeitteen lisäksi niin sanottuja elotaskuja kasvien, pieneläinten, -eliöiden ja mikrobien kasvulle ja kehittymiselle. Maata on tarkoitus käsitellä mahdollisimman vähän. Tavoitteena on jättää koskemattomaksi noin kolmannes nostoalueen pinta-alasta. Energiapuun korjuussa käytettyjen menetelmien avulla pyritään minimoimaan negatiiviset vaikutukset ja edistämään myönteisiä vaikutuksia kokonaisedun ja metsätalouden hyväksi, Halonen sanoo. ■



Metsäenergia on osa bioenergiasta

Metsäenergia on vain osa bioenergiasta. Bioenergiassa kuuluvat metsäenergian lisäksi kaikki eloperäinen massa, kuten teollisuuden jätetä, jäteliemet, yhdyskuntajätteet ja pelloilla viljeltävät kasvit. Yli puolet puuperäisistä polttoaineista koostuu metsäteollisuuden jäteliemistä ja muista sivutuotteista, kolmannes kiinteistä puupolttoainesta kuten kuoresta, sahanpurusta ja hakkeesta, ja loput pienet kiinteistöissä käytetyistä polttoaineista.

Esimerkiksi pientalokiinteistöt käyttivät polttopuuta vuonna 2003 noin 5,2 miljoonaa kiintokuutiota. Polttopuun käyttö pientaloissa on lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana reilut kymmenen prosenttia.

Suomen energian kokonaiskulutus oli vuonna 2003 yhteensä 413 terawattituntia (TWh). Suomen metsien teoreettiseksi teollisuudelle kelpaamattomaksi biomassamääräksi on arvioitu 45 miljoonaa kuutiometriä (90 TWh), joten teoriassa energiatarpeesta pystyttäisiin tyydyttämään metsähakkeella noin viidennes. Määrä vastaa noin yhdeksää miljoonaa öljytonnia. Teoriassa voisimme korvata öljyn metsien biomassalla.

kWh = kilowattitunti Yksi kilo puun kuivamassaa sisältää 40 prosentin kosteudessa noin 5 kWh energiaa

MWh = megawattitunti = 1000 kWh. Yksi kiintokuutiometri puuta sisältää noin 2 MWh energiaa

GWh = gigawattitunti = 1000 MWh

TWh = terawattitunti = 1 000 000 MWh. Miljoona kiintokuutiota puuta on noin 2 TWh

toe = yhtä öljytonnia vastaava energiamäärä. Yksi toe on noin viisi kiintokuutiota puuta

biomassa = eloperäisiä, fotosynteesin kautta syntyneitä kasvimassaa kuten puu, turve, teollisuuden jäteliemet ja yhdyskuntajätteet

biopolttoaine = biomassoista tuotettu polttoaine

bioenergia = biopolttoaineen käytöstä saatava energia

Kiintokuutiometri = kuutiometri kiinteää puuainesta. Yhdellä kiintokuutiometrillä puuenergialla voidaan tuottaa noin 10 prosenttia keskikokoisen omakotitalon vuotuisesta lämmöntarpeesta.



Metlan tutkimushankkeita

- Hakkuutähteen talteenotto osana metsätaloutta, Juha Nurmi, www.metla.fi/hanke/3291
- EU:n puuenergiavarat, energiateknologian markkinat ja kansainvälinen bioenergiakauppa, Antti Asikainen
- Bioenergiaa metsästä, Juha Nurmi
- Skörd av bioenergi i unga skoger, Juha Nurmi



Solbölen puuvieraat

Marjatta Joutsimäki

Solbölen tutkimuspuisto on eteläisin Metlan tutkimusmetsistä. Se tarjoaa sijaintinsa puolesta mahdollisuuden sekä kotimaisten jalojen lehtipuiden kasvatamiselle että ulkomaisten puulajien tutkimukselle.

Solbölle ovat tyypillisiä rannikon avokalliot ja kalliomänniköt, mutta myös lehdot jaloine lehtipuineen. Ilmastollisesti se on merellistä aluetta ja kasvimaantieteellisesti tammivyöhykettä. Tutkimuspuistossa voi tutustua metsäntutkimukseen, koejärjestelyihin maastossa sekä moniin ulkomaisiin ja suomalaisiin puulajeihin.

Monipuolista tutkimusta

Solbölessä tutkitaan juurikäpää, metsän uudistamiseen liittyviä kysymyksiä, jaloja lehtipuita sekä ulkomaisia puulajeja. Lisäksi alueella on useita metsänjalostukseen liittyviä kokeita.

— Käytännössä tämä tarkoittaa erilaisia mittaustöitä, näytteiden keräämistä metsästä, puiden istutusta koealueille ja perustettujen koemetsiköi-

den hoitamista. Myös se, että kerromme metsäntutkimuksesta ja sen tuloksista metsäalan ammattilaisille, opiskelijoille ja metsänomistajille on osa tutkimusalueen työtä, Solbölen tutkimusalueen metsätalousinsinööri **Kaija Puputti** kertoo.

Yksi ajankohtainen tutkimus Solbölessä on kantojen juurikäpätartunnan ehkäiseminen kesähakkuissa. Solböle on otollinen paikka tälle tutkimukselle, koska sieltä löytyy vanhoja kuusikoita, joissa juurikäpää esiintyy. Metlan tutkimuksissa on pyritty kehittämään menetelmiä lahovikojen vähentämiseksi talousmetsissä. Parhaillaan käynnissä olevassa tutkimushankkeessa tehdään lahottajasieniin liittyvää perustutkimusta, kehitetään uusia lahontorjuntakeinoja sekä viedään lahottajasienitutkimuksissa saatuja tuloksia käytännön metsätalouteen.

Solbölessä seurataan puiden paksuskasvun alkamista keväällä ja loppumista syksyllä sekä kasvurytmin vaihtelua eri vuosien välillä. Kasvurytmieroja tutkitaan ottamalla puiden rungois-

Japaninpihdan kävyt ovat napakasti pystyssä koko kasvukauden.

ta näytteitä ohuella injektioneulalla. Puiden kasvu kertoo niiden terveydentilasta ja myöskin muutoksista niiden kasvuympäristössä. Tarkentuva tieto puiden kasvusta auttaa ennustamaan kasvun vaihteluita tulevaisuuden ilmastoloissa ja sitä voidaan käyttää hyväksi myös menneiden ilmastolojen selvittämiseksi vanhoista puunäytteistä. Kun kasvutiedot yhdistetään säähavaintoihin ja muihin ympäristön tilan muutoksista kertoviin mittauksiin, saadaan tarkempi kuva puun kasvuun vaikuttavista tekijöistä.

Siemensadon tarkkailualueilla laskeaan kuusen, koivun ja männyn kukintoja puiden siemensatoennusteita varten. Marjojen ja sienten satoennusteita ja satojen vaihteluiden seuraamista varten lasketaan koealoilla mustikan ja puolukan kukkia, raakileita ja marjoja.

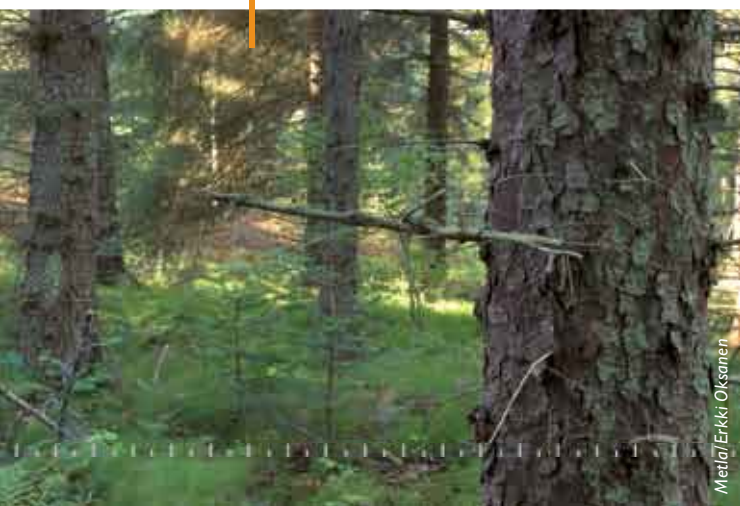
Alueella on käynnissä hyvin pitkäaikaisia kokeita, tutkimusta on tehty Solbölessä jo 1920-luvulta lähtien. Metlan tutkijoiden lisäksi myös muiden tutkimusorganisaatioiden tutkijat voivat perustaa kokeita Metlan tutkimusmetsiin.



Metla/Erkki Oksanen

Lehtikuusia on käytetty paljon maisemapuuna puistoissa ja pihoiden puistoissa. Lehtikuusessa näkyy vuodenaikojen vaihtelu voimakkaana, keväällä neulasten puhjetessa puut ovat heleän vihreitä ja syksyllä kirkkaan keltaisia. Ulkomaiset puulajit ovat kiinnostaneet metsäntutkijoita aina 1800-luvulta lähtien. Metlassa ulkomaisia puulajeja koskevat tutkimukset käynnistettiin 1920-luvulla. Tutkimusten ensisijaisena tavoitteena oli selvittää, löytyisikö muualta meille puulajeja, joilla olisi metsätaloudellisesti joitakin etuja kotimaisiin puulajeihin verrattuna.

Sitkankuusi kasvaa kapealla rannikkovyöhykkeellä Alaskasta Kaliforniaan. Se on merellisen ilmaston laji. Solbölen ilmastossa sitkankuusen kookkaimmat yksilöt ovat saavuttaneet suuremman pituuden ja paksuuden kuin mikään muu vieras kuusilaji. Metlan kookkain sitkankuusi kasvaa Solbölessä. Sen läpimitta oli 64-vuotiaana 58 cm ja pituus 23,1 metriä.



Metla/Erkki Oksanen

Kapea, säännöllinen ja maahan asti ulottuva latvus tekee serbiankuusesta näyttävän koristepuun. Sitä onkin okakuusen ohella käytetty koristepuuna enemmän kuin muita vieraita kuusilajeja. Serbiankuusi kestää melko hyvin kaupunkien ilmansaasteita. Sitä on viljelty myös joulupuuksi. Metlassa on Suomen laajimmat ja edustavimmat ulkomaisien puulajien ja erikoispuiden viljelmät. Suurin osa viljelmistä on perustettu 1920- ja 1930-luvulla. Vuodesta 1993 lähtien on alettu perustaa uusia viljelmiä ja täydentää valikoimaa muilla mahdollisesti oloissamme menestyvillä lajeilla.



Metla/Erkki Oksanen

Tammerterhoja voi ihaillemaan Solbölen lehtipuureitillä. Solbölen tutkimusalueen tutkimusmetsissä on useita geneettiseen monimuotoisuuteen ja geenivarojen säilyttämiseen liittyviä jalojen lehtipuiden, kuten vuorijalavan, saarnen, tammen, metsälehmuksen, vaahteran ja kynäjalavan kokoelmia ja muita eri puulajeilla perustettuja koeviljelyksiä ja kokoelmia.



Metla/Erkki Oksanen

Pyökki on Keski-Euroopassa yleisin metsiä muodostava puu. Luonnonvaraisena se menestyy vielä Etelä-Ruotsissa. Suomessa viljelty pyökki on menestynyt yleensä huonosti. Se voisi pohjoisrajallaan hyötyä ilmaston lämpenemisestä. Suomen keskilämpötilan ennustetaan nousevan 2–8 °C ja sademäärän kasvavan 6–37 prosenttia vuoteen 2080 mennessä. Ilmaston lämmitessä lehtipuuvältaisten metsien oletetaan lisääntyvän ja puulajivalikoimaa olisi myös mahdollista lisätä. Toisaalta metsätuhoisten tulokaslajien leviämisen riski kasvaisi ja myrsky- ja hirvieläntuhojen lisääntymiseen olisi varauduttava.



Metla/Erkki Oksanen

Puulajipuistossa tutkitaan erilaisten puulajien kasvatusta

Ilmasto on sopiva ja alueelta löytyy myös reheviä kasvupaikkoja erilaisten lajien kokeita varten. Ulkomaisten puulajien ja erikoispuiden kasvatushanketta varten Solböleen on viimeisen kymmenen vuoden aikana istutettu yli neljäkymmenen eri puulajin taimia, yhteensä 25 000 kappaletta. Alueelle on vuosikymmenien kuluessa istutettu esimerkiksi 20 pihtalajia, joista neljä on menestynyt hyvin ja kahdeksan kohtalaisesti. Lehtikuusilajeja Solböleen on istutettu kahdeksan, kuusi- ja mäntylajeja on istutettu kumpaakin yksitoista.

Solbölessä ovat menestyneet hyvin esimerkiksi japanin-, sahalinin ja ussurinpihta ja lähes kaikki istutetut lehtikuusilajit. Britanniassa ja Tanskassa yleinen viljelypuu sitkankuusi viihtyy merellisessä ilmastossa ja on menestynyt kohtalaisesti Solbölessä, mutta huonosti sisämaan tutkimusalueilla. Männyistä makedonianmänty ja kontortamänty ovat menestyneet hyvin, kun taas siperiansembra mantereisena lajina ei viihdy kovin hyvin Solbölessä.

Solbölessä kasvaa havupuita metsikköinä ja yksittäispuina tai ryhminä.

” Tutkimuspuistossa voi tutustua metsäntutkimukseen, koejärjestelyihin maastossa sekä moniin ulkomaisiin ja suomalaisiin puulajeihin.”

Pääosa metsikkökohteista on nähtävissä puulajipuistossa. Puiden nimet on merkitty opaskyltteihin ja lisätietoa saa Internet-palvelusta, jossa voi tutustua yli kolmeenkymmeneen Solbölen ulkomaisen havupuulajin tutkimuskohteeseen. Kohteista pääsee eteenpäin puulajin tai -suvun tarkempaan esittelyyn.

Myös opasvihkosta on saatavilla Solbölen toimistosta.

Lehtipuureitti kulkee rehevien lehtojen, merenrantametsien ja riistanhoitokohtien kautta. Kävijä voi

tutustua kohteisiin, jotka esittelevät erityisesti jaloja lehtipuita sekä niiden kasvatusta ja menestymistä Suomessa. Jaloista lehtipuista Solbölessä kasvaa metsikköinä tammi, metsälehmus, saarni, vuorijalava, kynäjalava ja ulkomaisista lehtipuista pyökki, isolehtilehmus, punasaarni, tuoksupoppeli ja laakeripoppeli. Opasvihkonen tarjoaa tarkempaa tietoa myös lehtipuureitin varrelle.

Tutkimusalueelle retkeilemään

Erikoiset puulajit saavat myös vähemmän tutkimuksesta kiinnostuneet ryhmät ja yksittäiset kansalaiset lähtemään retkelle.

— Puulajipuisto on hyvä retkeilykohde, se tarjoaa mahdollisuuden mie-

lenkiintoisille metsäelämyksille ja virkistykseksi, Kaija Puputti kertoo.

Solbölen puulajipuisto on osa tutkimuspuisto-kokonaisuutta, jossa esitellään myös tutkimuskohteita. Tutkimuskohteisiin tulee Puputtin mukaan tutustumaan paljon etenkin metsäalan opiskelijoita ja metsätalouden ammattilaisia. Tutkimusaiheisiin voi tutustua Internetissä Solbölen tutkimuspuisto ja Metinfo Puulajit -palveluissa. Näiden Metsäntutkimuslaitoksen tarjoamien uusien Internetpalvelujen toivotaan antavan lisätietoa metsäalan ihmisille ja herättävän tavallisten kansalaisten kiinnostusta tutkimusta kohtaan. Internetistä voi tulostaa materiaalia mukaan metsään ja tutkimusalueen metsätalousinsinööri Kaija Puputti opastaa ryhmiä tarvittaessa.

Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusmetsissä on tällä hetkellä yli kuusikymmentä tutkimuspolkua ja reittiä, joiden varrella voi tutustua metsäluontoon ja metsäntutkimukseen. Metlan puulajipuistoihin voi tehdä retkiä Solbölen lisäksi Punkaharjulla, Ruotsinkylässä, Kivalossa, Vilppulassa, Kannuksessa ja Kolarissa. Puistojen opasteissa ja esitteissä kerrotaan eri puulajeista ja niiden tutkimuksesta. Solbölen tutkimusalue on ruotsinkielisellä alueella ja palvelee myös ruotsiksi. ■

Aloita tutkimusretki Solböleen Internetissä:

www.metla.fi/metinfo/puulajit/solbole-reitti/

www.metla.fi/metsat/solbole/tutkimuspuisto

Metinfo Puulajit -palvelu tarjoaa runsaasti tietoa ulkomaisista havupuulajeista. Ensimmäinen palvelussa esitelty puulajipuisto sijaitsee Solbölen tutkimusalueella.

Internet-palvelussa voi tutustua yli kolmeenkymmeneen Solbölen ulkomaisen havupuulajin tutkimuskohteeseen. Kohteista pääsee eteenpäin puulajin tai -suvun tarkempaan esittelyyn.

Tutustu Solbölessä tehtävään tutkimukseen, tulosta kiinnostavasta kohteesta materiaalia ja lähde katsomaan miltä tutkimus näyttää maastossa.



Solbölen tutkimusalue sijaitsee Tammisaaren Bromarvissa. Tammisaari-Salo -tieltä (tie 52) käännetään Bromarviin ja Bromarvintietä oikealle Solböleen, josta matkaa perille on kuusi kilometriä.



Paperin kulutuksen kasvu hidasta Euroopassa

Suomen metsäteollisuuden viennille tärkeän euroalueen bruttokansantuotteen kasvu jatkuu muuta maailmaa hitaampana. Kasvu on ennusteiden mukaan putoamassa viime vuoden kahdesta prosentista noin puoleentoista tänä vuonna ja ensi vuonnakin sen on ennustettu jäävän alle kahden prosentin. Siten metsäteollisuustuotteiden kulutuksen kasvu ei riitä poistamaan ylitarjontaa, josta sekä paperi- että sahatavaramarkkinat kärsivät. Ylitarjonta on heijastunut hintakehitykseen, joka on ollut Euroopassa muuta maailmaa heikompa.

Paperiteollisuus lähti kuluvaan vuoteen hinnankorotusaikain. Niissä paperilaaduissa, joissa korotuksia saatiin aikaan, ne olivat varsin maltillisia. Tammi–toukokuussa suomalaisen paperin keskivientihinta nousi vain vajaalla prosentilla. Kirjoitus- ja painopaperin kulutus on jäänyt viimevuotiselle tasolle päämarkkina-alueella Länsi-Euroopassa, sillä euroalueen talouskasvu on ollut vientivetoista. Yksityinen kulutus kysyntä on paikoin jopa supistunut, ja esimerkiksi mainonta aikakauslehdissä on kuluvana vuonna vähentynyt keskeisissä paperin kuluttajamaissa Saksassa, Britanniassa ja Ranskassa.

Työehtosopimuskiistaan liittyneet lakot ja työsulku vähensivät kotimaan massan ja paperin tuotantoa vuoden alkupuoliskolla noin neljänneksellä viimevuotisesta. Suomessa on noin kolmannes Länsi-Euroopan SC-, LWC- ja hienopaperin tuotantokapasiteetista ja Suomella on myös merkittävä asema eräiden kartonkilaatujen tuotannossa. Siten suomalaistehtaiden seisominen viikkojen ajan söi sekä ostajien että myyjien varastot poikkeuksellisen alhaiseksi. Syksyllä paperituotteiden kysyntä kasvaa kausiluontoisesti, mikä yhdessä varastojen täydennystarpeen kanssa nostaa paperiteollisuuden käyntiasteet loppuvuodesta korkeiksi.

Tiukentunut markkinatilanne mahdollisti syksyllä joitakin hinnankorotuksia uusiin toimitussopimuksiin. Paineita hintojen korotuksiin on aiheuttanut myös kannattavuutta heikentänyt tuotantokustannusten nousu. Lokakuun puoliväliin mennessä sanomalehti- ja LWC-paperin PIX-hintanoteeraukset olivat nousseet vuoden alusta noin neljä-viisi prosenttia, ja päällystetyn hienopaperin hinta vajeat kaksi prosenttia. Kopiaopaperin sekä aaltopahvikartonkien hinnat laskivat vuoden lähtötasosta. Sen sijaan kuluttajapakkauskartonkien hyvä kysyntä ja hintataso ovat tehneet niistä Suomen metsäteollisuuden kannattavimpia tuotteita.

Euroopan paperimarkkinoiden ylitarjontatilanne tuskallisen sitkeä

Kuluvan syksyn tilapäisesti tiukemman markkinatilanteen jälkeen Euroopan paperimarkkinoilla palattaneen vuonna 2006 vanhan ongelman pariin: paperiteollisuudessa on ylikapasiteettia, jonka sulaminen ottaa aikansa Länsi-Euroopan paperin kulutuksen kasvun hitauden takia. Lisäksi konekannan ylläpito- ja modernisointi-investoinnit sekä yksittäiset uudet paperikoneet hieman lisäävät kapasiteettia vuosittain. Myös Pohjois-Amerikassa paperin kulutuksen kasvu on jo jonkin aikaa

ollut hidasta, tai jopa negatiivista sanomalehtipaperin osalta. Siellä tuottajat ovatkin pakon edessä sulkeneet vanhimpia koneitaan. Näin parantuneen kysyntä-tarjontasuhteen myötä tuottajat ovat onnistuneet kääntämään paperin dollarihintoja nousuun viimeisen vuoden aikana. Todennäköisesti myös Euroopassa tullaan ensi vuonna kuulemaan joidenkin heikosti kannattavien tuotantoyksikköjen sulkemisista.

Paperin kulutuksen kuten muukin taloudellisen aktiviteetin kasvu on tällä hetkellä voimakkainta Aasian maissa, minne sekä länsi-eurooppalaiset että kanadalaiset paperintuottajat ovat lisänneet vientiään. Tämä on helpottanut Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinatilannetta. Pidemmillä tähtäimellä paperin viennin kasvu Aasiaan tulee kuitenkin korvautumaan kuidun viennillä alueen oman tuotantokapasiteetin kehittyessä. Useat viimeaikaiset kapasiteetti-investoinnit alueelle ovat osa tätä kehitystä.

Ylitarjonta jatkuu myös sahatavaramarkkinoilla

Kireä kilpailu Euroopan markkinoilla laskee sahatavaran hintoja viime vuonna ja heikko hintakehitys on jatkunut myös tämän vuoden alkupuolella. Matalana pysynyt korkotaso ei ole estänyt Euroopan asuinrakentamisen kasvun heikkenemistä tänä vuonna ja ensi vuonna sahatavaran kulutuksen kasvu on jäämässä korjausrakentamisen varaan. Kun kysyntä ei juurikaan kasva, tarjonnan kasvu muun muassa suhteessa edullisempien tuotantokustannusten maista, Venäjältä ja Itä-Euroopasta on aiheuttanut ylitarjontaa. Tilanteeseen Eurooppalaiset sahatavaran tuottajat ovat reagoineet lisäämällä vientiään Euroopan ulkopuolisiin maihin.

Tammi–kesäkuussa Suomen koko sahatavaran viennin yksikköarvo oli neljä prosenttia vuodentakaisesta alemmalla tasolla. Mänty-sahatavaran markkinatilanne on ollut kuusisahatavaraa heikompi, mutta kuusen tarjonnan kasvu Ruotsista myrskytuhojen vuoksi on alentanut myös kuusisahatavaran vientihintaa hieman. Elinkeinoelämän keskusliiton elokuisen suhdannebarometrin mukaan sahateollisuus odottaa hintojen nousevan loppuvuodesta. Markkinoiden ylitarjonnan ja heikon kysynnän kasvun vuoksi hintojen nousu ei voi kuitenkaan olla merkittävää.

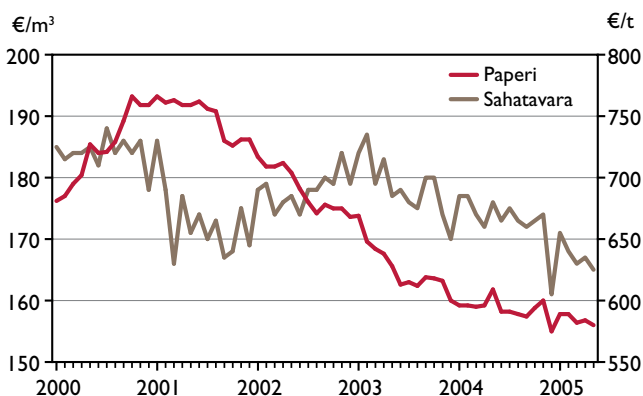
Suomen sahatavaran tuotanto supistumassa

Korkea puuraaka-aineen hinta on alentanut viime vuosina suomalaisen sahateollisuuden kannattavuutta heikon hintakehityksen lisäksi. Suuret tuottajat ovatkin ilmoittaneet viime ja tänä vuonna sahakapasiteetin supistuksista kotimaassa. Merkkejä tuotannon alenemisestä edelliseen vuoteen verrattuna näkyi tilastoissa jo maaliskuussa ja sen jälkeen tuotanto laskee erityisesti kesä–heinäkuussa paperiteollisuuden seisokkien vuoksi. Sahateollisuudessa seisokkien vaikutukset näkyivät pian, kun hakemyynti sellutehtaille vaikeutui. Sahatavaran tuotanto aleni tammi–heinäkuussa 14 prosenttia vuodentakaisesta. Koko kuluvalle vuodelle vähennyksen arvioidaan kuitenkin olevan edellä mainittua pienempi tuotannon palatessa loppuvuonna lähelle vuodentakaisia määriä. Sahatavaraa kysytään joka tapauksessa kotimaan kulutukseen ja vientiin.

Ylitarjontatilanne Euroopassa jatkuu todennäköisesti lähivuosina, koska sahauskapasiteetti kasvaa Itä-Euroopan lisäksi myös Keski-Euroopassa. Saksassa metsien uusimmat inventointitiedot kertovat mahdollisuudesta kasvattaa kapasiteettia huomattavasti ja merkittäviä laajennussuunnitelmia onkin olemassa sekä kuluvalle että ensi vuodelle. Ylitarjontatilanteen voidaan siten jatkossakin odottaa luovan paineita hintojen laskulle, kun kulutuksen kasvu pysyy Euroopassa pienenä. Näissä olosuhteissa heikommin kannattavaa tuotantoa joudutaan todennäköisesti lähivuosina Suomessa supistamaan.

Suomen viennissäkin Euroopan heikko kysynnän kehitys on näkynyt määrien alenemisena. Kuluvan vuoden tammi–kesäkuussa vienti aleni vuodentakaisesta seitsemän prosenttia. Tosin syynä tähän on ollut myös paperiteollisuuden tuotannon seisokit. Vienti lähes kaikkiin perinteisiin Euroopan markkinamaihin aleni, kasvu oli lähinnä Euroopan ulkopuolisessa viennissä. Markkinaosuuksia menetettiin Euroopassa esimerkiksi Britannian markkinoilla tarjonnan kasvaessa muun muassa Venäjältä ja Saksasta. ■

Sahatavaran ja paperin viennin yksikköarvot 1/2000–5/2005




Lähde: Tullihallitus

ARKTISTA MIKROBIOLOGIA ROVANIEMELLÄ

Ainutlaatuinen bakteerien kantakokoelma palvelee monia tutkimusaloja

Sinikka Jortikka

Lapista ja Huippuvuorilta on koottu ainutlaatuinen yli 500 bakteerin kantakokoelma. Kokoelmasta on löydetty bakteereja, joilla on toisia mikrobeja tuhoavia ominaisuuksia. Näitä piirteitä voidaan hyödyntää lääkkeiden valmistamisessa. Metlan omistamasta kokoelmasta etsitään myös mikrobeja, joita voidaan käyttää kylmässä ilmastossa toimivien biologisten puhdistusmenetelmien kehittämisessä.

A woman with dark hair, wearing a white lab coat over a black and white striped shirt, is shown in profile from the chest up. She is holding a petri dish in her right hand, held up to the light. The background is bright and slightly out of focus, suggesting a laboratory setting. The petri dish contains a white, textured substance.

Tutkija Minna Männistö laskee maaperänäytteiden bakteeripesäkkeitä Metlan Rovaniemen laboratoriossa.



Metla/Jouni Hyvärinen

Bakteereja on kaikkialla niin ilmassa, vedessä kuin maaperässäkin, niitä ei voi nähdä pelkällä ihmissilmällä ennen kuin ne ovat kasvaneet isoiksi pesäkkeiksi.

Lapin mikrobeja on selvitetty laajassa arktisen mikrobiologian yhteistyöprojektissa, jossa on ollut mukana useita tutkimuslaitoksia, yliopistoja ja yrityksiä. Projekti aloi-

tettiin vuonna

2001 Rovaniemellä.

Rovaniemi on ollut

erinomainen sijaintipaikka

tuokimukselle, koska Metla

on pystynyt tarjoamaan hyvin varustellut, nykyaikaiset laboratoriotilat, jotka sijaitsevat kohtuullisella etäisyydellä näytteiden keruupaikoista. Myös Metlan eri puolilla Lappia sijaitsevat toimipisteet ovat helpotaneet maastonäytteiden keräämistä.

Kantakokoelma sisältää uusia bakteerilajeja

— Todennäköisyys uusien hyödyllisten mikrobien löytymiselle kasvaa, kun siirrytään tutkimaan ennestään tuntemattomia alueita. Arktiset alueet käsittävät kolmasosan maapallon pinta-alasta, mutta niiden mikrobeista tiedetään vielä varsin vähän. Tämän vuoksi neljä vuotta sitten ryhdyttiin tutkimaan Lapin mikrobeja ja niiden bioteknisiä hyödyntämismahdollisuuksia, Max Häggblom kertoo.

Metlan tutkija **Minna Männistö** on selvittänyt Lapin ja Huippuvuorten maaperässä elävien bakteerien monimuotoisuutta ja tutkimuksen tuloksena on koottu yli 500 bakteerin kantakokoelma, jonka kannoista 75 on huippuvuorilta. Bakteerit on eristetty maa-, sammal-, vesi-, lumilevä- ja sedimentinäytteistä.

— Jopa puolet tutkituista kannoista edustaa uusia lajeja. Lisäksi osaa eristetyistä kannoista ei voi suoraan luokitella mihinkään aiemmin tunnettuun sukuun, eli uusien bakteerilajien lisäksi Lapista löytyy myös uusia bakteerisukuja, Männistö kertoo.

Kantakokoelman bakteereista yleisin on Pseudomonas-suku. Muita kantakokoelmassa runsaana esiintyviä bakteerisukuja ovat muun muassa Burkholderia-, Collimonas-, Duganella- ja Pedobacter-suvut.

Männistön eristämät bakteerit kasvavat yleensä parhaiten 0 – +30 asteen lämpötiloissa, mutta jotkut jopa alle nollassa asteessa. Lapin maaperän bakteerit ovat ihmiselle vaarattomia, sillä ne eivät kasva enää + 37 asteessa.

— Osa Lapista ja

Huippuvuorilta eristetyistä kannoista on sellaisia, että niiden sukulaisia löytyy maapallolta erityisesti vastaavista olosuhteista. Tämä kertoo siitä, että kyseiset lajit ovat sopeutuneet kylmiin olosuhteisiin, Männistö kuvailee.

Bakteerit pärjäävät pakkasessa

Kun kylmässä ilmastossa eläviä mikrobeja etsitään bioteknisiin sovellutuksiin, tavoitteena on löytää lajeja, joissa yhdistyy kylmässä selviäminen ja verraten nopea kasvu alhaisissa lämpötiloissa.

Lapin maaperän bakteereista osa pystyy kylmässä hajotustoimintaan ja ravinteiden kierrättämiseen. Toisille lajeille on tyypillistä, että ne eivät kuole lämpötilan laskiessa nolnaan tai sen alapuolelle, mutta ne menettävät toimintakykynsä.

Bakteereilla on useita keinoja selvitä elossa kylmässä ilmastossa. Jotkut bakteerit voivat mm. säädellä solukalvojen kemiallista koostumusta ja tuottaa solun jäätymistä estäviä yhdisteitä. Osa bakteereista erittää ympärilleen limaa, jonka tarkoituksena voi olla solun jäätyksen estäminen, vaikka ympäröivä maa on jäässä. Lapista eristetyistä bakteerikannoista tällaisia limaa tuottavia bakteereita on suurin osa. Liman vaikutusta bakteerien pakkasen sietoon tutkitaan erityisesti Pedobacter-sukuun kuuluvilla kannoilla.

— Bakteerit voivat selvitä kylmissä olosuhteissa myös tuottamalla entsyymejä, jotka säilyvät aktiivisina hyvin alhaisissa ▶▶

Eristetyistä bakteerinäytteistä koottu kantakokoelma on pohjatyö, kun lähdetään selvittämään, löytyykö pohjoisesta uusia, ihmiselle hyödyllisiä mikrobeja.

— Rovaniemellä kootun bakteerikantakokoelman perusta on tehty erinomaisesti: kannat on eristetty useilla, erilaisilla menetelmillä ja perusluokittelu on hyvä, Rutgersin yliopiston (USA) professori **Max Häggblom** kehuu.

Perusteellisesti tehty kantakokoelma palvelee monia tutkimusaloja ja bioteknisten sovellusten kehittämistä. Tieto hyvin eristetyistä kokoelmasta on kiirinyt myös Suomen rajojen ulkopuolelle, ja etenkin lääkeyritykset ovat kiinnostuneita seulomaan kokoelmaa uusien lääkeaineiden löytämiseksi.

Bakteerien kantakokoelmaa säilytetään Metlan Rovaniemen yksikössä. Bakteerikannat on laitettu ampulleihin, joista osa on säiliössä nestemäisessä työssä. Nestemäinen tyyppi on vähintään –196 asteista, ja siinä bakteerikannat säilyvät käytännössä ikuisesti.

Tutkijoilla, organisaatiosta riippumatta, on mahdollisuus käyttää kantakokoelmaa tieteellisissä tutkimuksissa. Käytöstä sovi- taan Metlan kanssa. Mikäli kantakokoelman käyttäjä tavoittelee kokoelmasta taloudellista hyötyä, kokoelman käytöstä neuvotellaan Melan kanssa sopimus, jossa määritellään myös käytöstä maksettava korvaus.



Metla/Jouni Hyvärinen

Bakteerikannat säilytetään ampulleissa joko pakasteessa tai nestemäisessä työssä.

lämpötiloissa. Näitä entsyymejä voidaan hyödyntää bioteknisissä sovellutuksissa rehu-, elintarvike- ja pesuaineteollisuudessa, joiden prosessien täytyy tapahtua kylmässä, Männistö selittää. Entsyymi on proteiini, joka edesauttaa solussa tapahtuvia haluttuja reaktioita.

Tutkija Minna Männistön selvittää parhaillaan myös sitä, miten maaperän sulaminen ja jäätyminen vaikuttavat maaperän mikrobikoostumukseen ja yksittäisiin bakteerilajeihin. Sulamis-jäätymsyklar vaikutukset tunnetaan vielä varsin huonosti.

Bakteereista löydetty ominaisuuksia angiinan torjuntaan

— Useista Lapin maaperästä eristetyistä *Pseudomonas*-bakteerisuvun lajeista on löydetty antimikrobisia ominaisuuksia,

jotka estävät tehokkaasti muun muassa angiinaa aiheuttavan *Streptococin* kasvua, Männistö kertoo tutkimuksen saavutuksista.

Suurin osa ihmisen kehittämistä antibiooteista on mikrobituotteita. Mikrobin käyttö antibioottien valmistamisessa perustuu siihen, että löydetään lajeja, jotka pystyvät tuhoamaan tauteja aiheuttavia mikrobeja eli niillä on antimikrobisia ominaisuuksia.

— *Pseudomonas*-suvun antimikrobisten ominaisuuksien selvittämistä jatketaan, mikäli tutkimukselle saadaan rahoitus, Männistö kertoo.

— On mahdollista, että kantakokoelma sisältää bakteereja, joita voidaan hyödyntää lääketeollisuudessa, mutta tällaisten bakteerien seulominen sisältää monta välivaihetta ja vie aikaa. Hyvin eristetty

kantakokoelma on tärkeä lähtökohta seulonalle, Max Häggblom sanoo.

Tähän mennessä tehdyistä kantakokoelman bakteerien antimikrobisten ominaisuuksien seulonnoista on vastannut Helsingin yliopiston farmasian laitoksen Viikin lääkkeenkeksimisteknologian keskus (DDTC).

Myös kasvien antimikrobisia ominaisuuksia tutkittu

Arktisen mikrobiologian laajassa yhteistyöprojektissa on tutkittu myös siankärsämön antimikrobisia ominaisuuksia. Siankärsämöä on käytetty jo ennen antibioottien keksimistä haavojen sitomisessa ja siteiden alla, jotta tulehdus saataisiin parannettua.

— Siankärsämöstä eristetyillä uutteilla on antimikrobisia ominaisuuksia ai-

Mikrobit puhdistavat jätevesiä

Arktisen mikrobiologian tutkimuksessa on selvitetty mikrobin käyttöä kaivosvesien biologisessa puhdistamisessa. Puhdistusmenetelmässä mikrobit käyttävät kasvuunsa vedessä olevia orgaanisia ja epäorgaanisia aineita, ja tällä tavoin puhdistavat vettä.

— Tutkimuksessa on pystytty osoittamaan, että pieniäkin typenpitoisuuksia ja öljyisiä jakeita voidaan poistaa kaivosten vesistä, vaikka vedessä on jonkin verran myös raskasmetalleja, jotka vaikeuttavat biologista typen poistoa, Metlan tutkija Katri Mattila kertoo.

— Jo ennen kaivoksen perustamista pitäisi tietää, miten kaivosjätteet käsitellään. Näin välttäisiin siltä, että luonto ehtii ensin saastua, ja vasta sitten havahdutaan pohtimaan, miten se saadaan puhdistettua, Max Häggblom toteaa.

Pohjoisessa on useita kaivoshankkeita vireillä, ja esimerkiksi elokuussa 2005 tehtiin päätös Suomen kaikkien aikojen suurimman kaivoksen avaamisesta Sotkamoon.

Kaivosvesien typenpoistosta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden prosessijätevesien puhdistamisessa. Katri Mattila kertoo, että kaivosvesien puhdistamisessa haasteellisimpia asioita ovat puhdistusprosessien toteuttaminen alhaisissa lämpötiloissa ja puhdistettavaksi tulevan kaivosveden suuri määrä, jopa kymmeniä kuutioita minuutissa.

Paikalliset mikrobit varmoja

Rovaniemellä tehdyssä tutkimuksessa on selvitetty kaivosvedessä olevien ja muualta

Lapista eristettyjen bakteerien kykyä veden puhdistamiseen.

— Eri mikrobit ovat sopeutuneet elämään ja lisääntymään kullekin lajille otollisissa olosuhteissa. Pohjoisessa toteutettavissa puhdistusmenetelmissä on eduksi käyttää täältä löydettyjä mikrobeja, jotka ovat jo valmiiksi tottuneet paikalliseen ilmastoon. Muualta tuoduilla bakteereilla kuluu aikaa sopeutumiseen tai ne eivät selviä paikallisissa olosuhteissa lainkaan, biologista puhdistamista tutkiva Katri Mattila huomauttaa.

— Kaivosvesien puhdistamisen tavoitteena on vähentää vesistöihin pääseviä ravinnepestäjä, Mattila kertoo.

Ympäristön pilaantumista aiheuttavat lähinnä ylimääräiset typpiyhdisteet. Ne ovat peräisin kaivoksissa käytetyistä räjähteistä, jotka eivät ole räjähtäneet kunnolla ja huuhtoutuvat vesien mukana ympäristöön. Sen sijaan muille jätevesille tyypilliset fosfori ja orgaaninen aines puuttuvat lähes kokonaan.

Kaivokset sijaitsevat yleensä vesistöjen alkulähteillä ja niistä valuvien vesien vaikutukset näkyvät ensin kaivosten lähivesissä ja vähitellen vaikutusalue laajenee.

Biofilmi puhdistaa

Kaivosvesien puhdistamiseen liittyvää tutkimusta varten laboratorioon rakennettiin bioreaktori, jonka kantajamateriaalin pinnassa on bakteereja. Kun typpipitoista vettä kierätetään reaktorin läpi, kantajamateriaalin pintaan tarttuneet bakteerit käyttävät typen kasvuunsa ja siten puhdistavat vettä.

— Kantajamateriaalin pintaan tarttuneita bakteereita kutsutaan biofilmiksi ja tämän pohjalta puhdistusmenetelmää biofilmireaktoriksi. Avoaltaissa tapahtuvassa jätevedenpuhdistuksessa mikrobit ovat vedessä vapaana, Mattila täsmentää puhdistusmenetelmien eroja.

Laboratoriossa toiminut biofilmireaktori on pystynyt poistamaan typpeä vielä +5 asteen lämpötilassa, ja reaktoriin tullut vesi on puhdistunut alle tunnissa.

— Lyhyt veden viipymäaika reaktorissa ja parhaimmillaan jopa 80-100 prosentin typen poistuma ovat lupaavia laboratoriolaitteistolla saatuja tuloksia. Suuria kysymyksiä on vielä selvitettävänä ennen kuin kaivoksessa toimivasta laitteistosta voidaan antaa varmoja tietoja, Mattila pohtii.

— Kylmää sietävien bakteerien hyödyntämiseen perustuva puhdistusmenetelmä on edullinen, ulkopuolisen energian tarve lämmitykseen vähäinen ja bakteerikanta uusiutuu luonnostaan kun olosuhteita huolehditaan, Mattila kehuu. Olosuhteita huolehtiminen tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaivosvesiä puhdistaville mikrobeille on annettava fosforia ja orgaanista ainetta, jotta mikrobin toiminta ei esty.

Tekesiltä rahoitus jatkotutkimukseen

Jätevesien mikrobiologista puhdistamista selvittävän tutkimuksen rahoitus päättyi syyskuussa 2005. Nyt on kuitenkin jo tiedossa, että lupaavasti alkanut tutkimus jatkuu. Tekes on myöntänyt jatkorahoituksen kaivosvesien biologista ravinteiden poistoa selvittävään tutkimukseen syksyyn 2007 asti.

nakin yleisimpiä haavainfektiobakteereita ja kynsientä vastaan. Tehokkaimmalla liuottimella irrotettua siankärsämön uuteainetta tarvitaan yksi milligramma yhden neliösentin alalle, jotta kynsienkasvuston leviäminen saadaan laboratorio-oloissa kuriin, Metlan tutkija **Rainer Peltola** kertoo.

— Se, kuinka tehokasta antimikrobista uutosta siankärsämöstä saadaan, riippuu käytetystä uuteaineesta ja siankärsämön säilömistavasta. Kuivatusta kukinnosta saadaan eniten antibakteerisia uuteaineita vesiliukoisella liuottimella. Pakastetusta siankärsämöstä saadaan samoilla menetelmillä määrällisesti enemmän uuteaineita kuin kuivatusta, mutta sen bakteerien kasvua estävä vai-

kus on huonompi kuin kuivatusta siankärsämöstä tehty uutosto, Peltola sanoo.

Laboratoriossa on saatu selville, että valo vahvistaa kasvien uuteaineiden antimikrobisia ominaisuuksia. Tässä vaiheessa ei vielä tiedetä, tapahtuuko valoaktivaatio elävissä kasveissa.

— Toistaiseksi ei ole tietoa, ovatko arktisilla alueilla, valoisassa kesässä kasvaneet kasvit parempia antimikrobisilta ominaisuuksiltaan kuin pimeän yön alueella kasvaneet. Jos näin on, tämä olisi selvä myyntivaltti Lapissa kasvavien kasvien hyötykäytössä, Peltola sanoo.

Valoaktivaation selvittämistä jatketaan ja tarkoitus on tutkia esimerkiksi sitä, mitä kasvissa tapahtuu valon vaikutuksesta. ■



Metla/Erkki Oksanen

Siankärsämöä on käytetty jo ennen antibiootien keksimistä tulehdusten hoitoon.

Arktisen mikrobiologian tutkimuskonsortio eli Armi

Bakteerikantakokoelma on osa Arktisen mikrobiologian tutkimuskonsortion eli Armin tutkimuksia, joita on tehty vuosina 2001-2005. Armin tavoitteena on ollut tuottaa perustietoa arktisen alueen mikrobiologiasta ja mikrobien monimuotoisuudesta sekä etsiä uusia mikrobeja bioteknisiin sovelluksiin. Armi on Metsäntutkimuslaitoksen, Rovaseutu kuntayhtymän, Helsingin yliopiston, Geologian tutkimuskeskuksen, Rutgersin yliopisto (USA) ja Rovaniemellä toimivien yritysten keskinäinen tutkimuskonsortio, joka on perustettu Tekesiltä saaduilla EU:n aluekehitysrahaston varoilla. Armin hallinnoinnista

on vastannut vuodesta 2005 alkaen Metsäntutkimuslaitos, joka on myös bakteerikantakokoelman omistaja.

Lapin mikrobistoa ja sen monimuotoisuutta selvittävä tutkimus jatkuu Suomen Akatemian rahoittamana vuoden 2007 loppuun asti. Armin pohjalta on syntynyt myös kaksi uutta tutkimusta, joista toisessa tutkitaan biologista ravinteiden poistoa kaivosvesistä ja toisessa Lapin luonnontuotealan raaka-aineiden saatavuutta. Molempien hankkeiden päärahoittajana toimii Tekes. Jo Armi-hankkeessa mukana olleet organisaatiot jatkavat tutkimusyhteistyötä ja mukaan tulee lisää tutkimustulosten hyödyntämisestä kiinnostuneita yrityksiä.

Metla/Jouni Hyvärinen



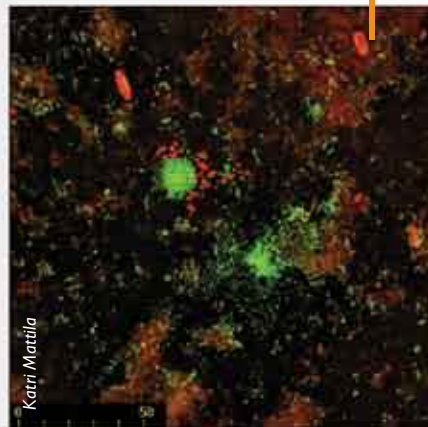
Metla/Jouni Hyvärinen

Kaivosveden typen poistoa tutkitaan laboratorioon rakennetun biofilmireaktorin avulla.

Reaktorin sisällä on kantajamateriaalia.

Biofilmireaktorissa biofilmi poistaa typen. Biofilmi muodostuu bakteereista, jotka ovat kiinnittyneet kantajamateriaaliin.

Kaivoksissa vesi kerätään säiliöihin, joista se pumpataan maanpinnalle.



Katri Mattila



Aarno Niiva

HYÖTYANALYYSISTÄ hyviä kokemuksia Metsähallituksen luonnonvarasuunnittelussa

Irja Löfström



Metsähallitus lisää Länsi-Suomen valtionmailla metsien virkistyskäyttöä, luontomatkailua ja luonnonsuojelua. Luonnonvarasuunnitelma kattaa 0,5 miljoonaa hehtaaria metsää ja kaksi miljoonaa hehtaaria merialueita. Toimintaa on suunniteltu yhdessä sidosryhmien, asiakkaiden ja kansalaisten kanssa. Apuna käytettiin hyötyanalyysiä, jossa yhdistettiin asiantuntijätietämys ja eri yhteistyötahtojen antama palaute, kertoo Metlan tutkija **Jouni Pykäläinen**.

Luonnonvarasuunnitelmaa on tehty osallistavan suunnittelun periaatteiden mukaisesti yhdessä liki 50 sidosryhmäläisen kanssa. Myös kansalaiset ovat saaneet osallistua suunnitteluun yleisötilaisuuksien ja internetkyselyn kautta. Metsähallituksen luonnonvarasuunnittelun kehittämisestä vastaava **Veikko Hiltunen** kertoo, että sidosryhmien suositukset vaikuttavat ratkaisevasti työn alla olevan luonnonvarastrategian lopulliseen sisältöön.

Sidosryhmien suositukset pohjautuvat suunnitteluprosessin aikana käytyihin keskusteluihin, äänestystuloksiin sekä metsien hoidon ja käytön tavoitteita täsmällisesti kuvaavaan hyötyanalyysiin. Metlan ja Metsähallituksen yhteistutkimuksessa selvitettiin, mitä lisäarvoa hyötyanalyysi tuo osallistavaan suunnitteluun.

Asiantuntijätietämys ja yhteistyötahtojen näkemykset nivottiin yhteen

Veikko Hiltunen kertoo, että Metsähallitus perusti keväällä 2004 Länsi-Suomen luonnonvarasuunnittelua varten työryhmät Jyväskylään, Tampereelle ja Turkuun. Ryhmissä olivat edustettuina tutkimus, metsien monikäyttö, kunnat, viranomaiset, luonnonsuojelu, matkailu sekä metsätalous ja -teollisuus.

— Työryhmät käyttivät hyötyanalyysiä luonnonvarasuunnitelman strategivaihtoehtojen punnitsemiseen, Pykäläinen kertoo. Hän määrittelee hyötyanalyysin menetelmäksi, jossa aluksi kuvataan suunnittelualueelta saatavaan kokonaisyötyyn vaikuttavat tekijät. Sen jälkeen

— Työryhmät käyttivät hyötyanalyysiä luonnonvarasuunnitelman strategivaihtoehtojen punnitsemiseen, Pykäläinen kertoo. Hän määrittelee hyötyanalyysin menetelmäksi, jossa aluksi kuvataan suunnittelualueelta saatavaan kokonaisyötyyn vaikuttavat tekijät. Sen jälkeen tekijöiden eri asteinen painottaminen vaikuttaa parhaan luonnonvarasuunnitelman valintaan. Työryhmien toteuttamassa hyötyanalyysissä strategivaihtoehtoja tarkasteltiin Metsähallituksen talouden, luonnonsuojelun, virkistys- ja monikäytön ja yhteiskunnallisten vaikutusten näkökulmista, joille työryhmien jäsenet esittivät omat painotuksensa. Tutkimusta johtaneen Jouni Pykäläisen mukaan tällä

tavoin hyötyanalyysissä yhdistettiin asiantuntijätietämys ja yhteistyötahtojen antama palaute.

— Prosessi oli läpinäkyvä. Metsähallituksen asiantuntijat perustelivat osallistujille, miksi he olivat päätyneet esitettyihin strategivaihtoehtoihin, Pykäläinen selvittää.

Virkistyskäyttö, luontomatkailu ja ekologiset arvot korostuivat

Hyötyanalyysissä osoittautui kaikissa työryhmissä parhaaksi vaihtoehto ”Metsien virkistyskäyttö ja luontomatkailu”. Virkistysmetsien määrä kasvaa ja ekologinen verkosto laajenee verrattuna nykyiseen toimintaan. Vastaavasti puuston hakkuumäärät ja liiketoiminnan

tulos laskevat. Muutokset olisivat samansuuntaisia myös toiseksi ja kolmanneksi suosituimmassa vaihtoehdossa.

— Hyötyanalyysistä saatiin myönteistä

palautetta prosessin jälkeen toteutetussa lomakekyselyssä. Valtaosa osallistujista piti sitä tarpeellisena osana suunnitteluprosessia. Kukaan ei pitänyt hyötyanalyysiä täysin tarpeettomana, Pykäläinen kertoo.

”Hyötyanalyysin tarkoituksena ei ole antaa valmiita vastauksia, vaan toimia päätöksenteon tukena luonnonvarasuunnitelman laatimisessa.”

Työryhmien suositukset vaikuttavat suunnitelman sisältöön

Pykäläinen korostaa, ettei hyötyanalyysin tarkoituksena ole antaa valmiita vastauksia, vaan toimia päätöksenteon tukena luonnonvarasuunnitelman laatimisessa. Vaihtoehtojen lopullisen arvioinnin tekee metsänomistaja eli tässä tapauksessa Metsähallitus. Hiltunen Metsähallituksesta kertoo, että työryhmien suositukset ja kansalaisille järjestetyt yleisötilaisuudet vaikuttavat konkreettisesti luonnonvarastrategian sisältöön.

— Erityisesti virkistyskäytön ja luontomatkailun tavoitteet saavat vahvan painoarvon. Ekologisten tavoitteiden osalta strategian laadinnassa edetään Tampereen ja Jyväskylän työryhmien ehdotusten mukaisesti. Turun työryhmä painotti luonnonsuojelua muita ryhmiä enemmän, Hiltunen toteaa.

Hiltunen katsoo hyötyanalyysin olevan yksi hyvistä työvälineistä luonnonvarasuunnitelman laatimiseen. Se jäsentää keskustelua ja helpottaa päätöksentekoa. Suunnitteluprosessissa työryhmät käyttivät myös äänestysmenetelmää, mikä Hiltunen mukaan antoi yleispiirteisen käsityksen suunnittelun tavoitteista. Hyötyanalyysi sen sijaan yksilöi tavoitteet.

— Hyötyanalyysiin kuuluva vaikutusarvioiden teko auttoi tavoitteiden muotoilussa ja helpotti epärealististen ja ristiriitaisten strategialinjausten tunnistamista. Konfliktitilanteita voidaan hallita ja käsitellä paremmin, jos osataan ennakoida toimenpiteiden yhteiskunnallisia vaikutuksia. Mikään osallistavan suunnittelun menetelmä ei kuitenkaan välttämättä ehkäise konfliktien syntyä vaikka helpottaakin niiden käsitelyä.

— Kaikki Metsähallituksen luonnonvarasuunnitelmat tehdään nykyisin osallistavia menetelmiä käyttäen. Taustalla on periaatteellinen näkemys ottaa asianosaisten kanta huomioon, Hiltunen kertoo.

Hän katsoo hyötyanalyysin keskeiseksi vahvuudeksi oppimisprosessin käynnistämisen: työryhmän jäsenet oppivat ymmärtämään toistensa tavoitteita kuulemalla perustelua. Tätä mieltä olivat myös työryhmän jäsenet. Heistä moni katsoi, että menetelmä myös helpotti omien tavoitteiden asettelua.

Osallistamalla sosiaalista kestävyttä

Osallistava metsäsuunnittelu antaa suunnittelutyöstä kiinnostuneille mahdollisuuden vaikuttaa metsien hoidon ja käytön suunnitteluun. Prosessissa sovitaan yhteen useiden tahojen näkemyksiä ja tavoitteita. Osallistujien rooli suunnittelussa vaihtelee kuulijasta kantaottavaan tai jopa täysivaltaiseen päätöksentekijään asti. Suomessa osallistavalla suunnittelulla on yleisimmin tarkoitettu tilannetta, jossa päätöksentekijä kuulee yhteistyötahoja oman päätöksentekonsa pohjaksi.

Suomessa osallistamisella on ollut merkittävä rooli erityisesti suuraluetason metsäsuunnitteluhankkeissa. Näitä ovat kansallinen metsäohjelma, alueelliset metsäohjelmat, maakunnalliset metsästrategiat ja Metsähallituksen alueelliset luonnonvarasuunnitelmat. Myös uusi metsälaki edellyt-

tää eri tahojen osallistamista alueelliseen tavoitesuunnitteluun. Suuraluetason suunnitelmien on oltava mahdollisimman laajasti hyväksytyjä ja sosiaalisesti kestäviä. Osallistamisella voidaan pyrkiä myös konfliktien välttämiseen ja konfliktitilanteiden kartoittamiseen, tiedon vaihtoon sekä hyvien yhteiskuntasuhteiden edistämiseen.

Osallistavaa metsäsuunnittelua ja metsiin liittyvän päätöksenteon tukemista on tutkittu Metlassa reilun kymmenen vuoden ajan. Metla on kehittänyt yhdessä yhteistyötahojen kanssa menetelmiä niin strategisen, operatiivisen kuin taktisen tason metsäsuunnitteluun. Tutkimuksissa on kartoitettu mielipiteitä erilaisilla kyselyillä sekä sovellettu hyötyanalyysiä. Metla on ollut myös mukana selvittämässä konfliktitilanteita.

Äänestysmenetelmistä on jo saatu luopuvia käytännön kokemuksia Metsähalli-

tuksen luonnonvarasuunnitelman laatimisessa. Äänestämismenetelmän etuna on, että se takaa kaikille osallistujille tasapuolet vaikutusmahdollisuudet. Internetin käyttöä osallistamisen välineenä kehitellään parhaillaan. Se voi tulevaisuudessa toimia tehokkaasti metsäsuunnittelun kaksisuuntaisena tiedonvälityskanavana, jossa yhteydenpito päättäjiin, äänestäminen ja palautteen antaminen on helppoa. Osallistavan suunnittelun tutkimus on vaikuttanut konkreettisesti käytännön metsäsuunnittelun kehittymiseen.

Aihepiiriä tutkitaan Jouni Pykäläisen koordinoimassa tutkimushankkeessa Metsien monimuotoisuuden suojeleminen monimuotoisuuden suojeleminen metsäsuunnittelussa. Hanke kuuluu tämän vuoden alussa käynnistyneeseen tutkimusohjelmaan Metsien monimuotoisuuden turvaamisen keinot ja yhteiskunnalliset vaikutukset (TUK). www.metla.fi/ohjelma/tuk/index.htm

Jouni Pykäläinen tutkii metsiin liittyvän päätöksenteon tukemista Joensuun toimintayksikössä. Hän toteaa, että osallistavan suunnittelun menetelmiä on lukuisia ja etenkin suuraluetason suunnitteluhankkeissa kannattaa käyttää monia rinnakkaismenetelmiä.



Hyötyanalyysi ei sovellu konfliktitilanteisiin

Hyötyanalyysin heikkoutena Hiltunen mainitsee, että jotkut osallistajat vierastivat menetelmän teknistä ja matemaattista luonnetta.

— Heidän mielestään kuvailuvien menetelmien käyttö olisi helpompaa. Muilta osin hyötyanalyysissä on samat heikkoudet ja vahvuudet kuin yleensäkin strategisessa suunnittelussa, sanoo Hiltunen.

Tärkeintä on ottaa olennaiset tekijät mukaan suunnitteluun ja jättää pois epäolennaiset. Hyötyanalyysin kriteerien määrittely sekä osahyötymallien ja tavoitteiden määrittely ovat keskeisiä onnistuneen lopputuloksen kannalta.

Menetelmän soveltamisesta Pykäläinen toteaa, ettei se ole tarkoitettu käytettäväksi akuutteihin konfliktitilanteisiin, joihin tarvitaan ensisijassa neuvotteluja. Hyötyanalyysi ei ole myöskään suunnattu suuren yleisön osallistamiseen tai uusien innovaatioiden etsimiseen, koska menetelmä perustuu valmiiksi muotoiltuihin vaihtoehtoihin.

— Osallistavan suunnittelun menetelmiä on lukuisia ja niitä sovelletaan suunnittelutilanteesta riippuen. Usein käytetään monia rinnakkaismenetelmiä. Ihmisillä on omat luonteenomaiset tapansa omaksua ja käsitellä tietoa. Tästä syystä suuraluetason suunnitteluhankkeissa saadaan paras tuki päätöksenteolle kun käytetään erilaisia suunnittelumenetelmiä samassa prosessissa ja vertaillaan päätösuosituksia, Pykäläinen kiteyttää. ■

Lisätietoja: Jouni Pykäläinen, Metla/Joensuu, p. 010 211 3178, jouni.pykalainen@metla.fi, www.metla.fi/hanke/3419/



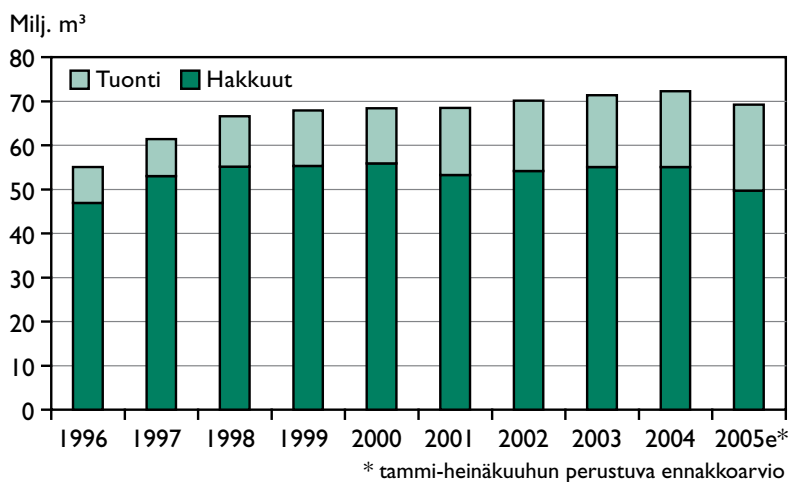
Paperiteollisuuden työtaistelu ja tuonnin kasvu vähentäneet hakkuita kymmenyksellä

Vuoden 2005 kevätkauden puun ostot ja hakkuut yksityismetsistä olivat edellisvuosien tasolla, mutta kesäkuukausina määrät ovat jääneet selvästi edellisvuosista jälkeen. Touko-kesäkuussa puumarkkinoihin vaikutti paperiteollisuuden työmarkkinaselkaus, jonka seurauksena myös sahatteollisuuden tuotantoa rajoitettiin kuitu- ja hakevarastojen täyttyessä. Sahatavaran tuotanto jäi tammi-kesäkuussa 14 prosenttia edellisvuotta alemmalle tasolle ja massa- ja paperiteollisuuden tuotanto putosi yli 20 prosentilla vuodentakaisesta. Koko vuoden tasolla teollisuuden raaka-puun tarpeen voidaan arvioida putoavan noin kuusi miljoonaa kuutiometriä työtaistelun takia.

Tukkipuun markkinahakkuut jäivät tammi-heinäkuussa 11 prosenttia viimevuotista alemmiksi, mutta kuitupuun määrät vain kolme prosenttia alemmiksi. Tammi-heinäkuun hakkuumäärä oli yhteensä 27,5 miljoonaa kuutiometriä ja seitsemän prosenttia edellisvuotta vähemmän. Eri omistajaryhmistä etenkin teollisuuden omien metsien tukkipuun hakkuut supistuivat alkuvuodesta.

Kuitupuun varastot kasvoivat kesäkuun loppuun mennessä lähes puolella vuoden takaisesta eli 7,8 miljoonaa kuutiometriin. Myös hakevarastot lisääntyivät viidenneksellä vuodentakaisesta sahojen jatkaessa tuotantoaan paperitehtaiden seisoessa. Myös leimikkovarantojenkin voidaan arvioida kasvaneen vuonna 2005, vaikka tilastotietoa ei näistä ole saatavilla. Koska tukkipuun varastot olivat viisi prosenttia edellisvuotta alhaisemmat, niin loppuvuonna hakkuiden suhde muuttuu tukkivaltaisemmaksi verrattuna tammi-heinäkuun tilanteeseen. Metsäteollisuuden tuotantoseisokin ja kohonnan puun tuonnin takia vuoden kokonaisuus hakkuumäärä jää kuitenkin selvästi jälkeen viime vuoden 55 miljoonan kuutiometrin tasosta.

Markkinahakkuut ja puun tuonti 1996–2005



Lähde: Metinfo Tilastopalvelu

Puun tuonti nousemassa uuteen ennätykseen

Puun tuonnin kasvaessa vuonna 2005 ennakoitua voimakkaammin sen osuus metsäteollisuuden puunkäytöstä nousee ennätysmäisen korkeaksi, noin neljäsosaan kokonaiskäytöstä. Vuoden alkupuoliskolla nousi erityisesti havukuidun tuonti, joka kasvoi tammi-kesäkuussa noin 70 prosentilla edellisvuoden vastaavasta ajankohdasta. Aiempina vuosina havaittavissa ollut tukkipuun tuonnin kasvu on hidastunut, mutta myös tämän vuoden alkupuoliskolla kuusi- ja koivutukin tuontimäärät ovat edelleen nousseet 12–15 prosentilla. Mielenkiintoista on lisäksi erityisesti tuontikuidun osalta sen yksikköhintakehitys, joka osoitti mäntykuidulla tammi-kesäkuussa 14 prosentin ja kuusikuidulla yhdeksän prosentin nousua edellisvuodesta. Sen sijaan lehtikuidun tuontihinta on hivenen laskenut vuonna 2005.

Kuitupuuta on ollut tänä vuonna erityisen runsaasti tarjolla Ruotsin ja Baltian maiden tammikuisten myrskytuhojen seurauksena. Vaikka neljä viidesosaa tuonnista Suomeen onkin peräisin Venäjältä, on myrsky välillisesti lisännyt puun tarjontaa Itämeren alueella, sillä Ruotsin metsäteollisuus on supistanut

puun tuontia viidenneksellä tänä vuonna. Myös hakkeen tuontimäärä on ollut edelleen kasvussa ja lisääntyi tammi-kesäkuussa 43 prosenttia vuodentakaisesta. Vaikka kuukausittaiset puun tuontimäärät vaihtelevat edelleen, niin teollisuuden kasvanut riippuvuus tuontiraaka-aineesta on kuitenkin pysyvämpi ilmiö.

Puukauppa piristyi elokuussa

Puukauppa kävi alkuvuoden normaaliin tahtiin ja teollisuuden puunostot yksityismetsistä olivat vielä toukokuussa edellisvuosien tasolla. Kesä oli puukaupassa tavallista hiljaisempi työtaistelun aiheuttaman yleisen epävarmuuden vuoksi. Kesä-heinäkuussa ostomäärä (2,5 milj. m³) oli vain noin puolet edellisvuoden tasosta. Elokuussa puukauppa taas piristyi ja puuta tuli markkinoille edellisvuoden tapaan. Tammi-elokuun ostomäärä yksityismetsistä, 17,2 miljoonaa kuutiometriä, oli silti jäänyt kymmenen prosenttia jälkeen viime vuoden ostokertymästä. Hankintakauppojen osuus puun ostoista oli elokuuhun mennessä noussut lähinnä kuitupuun hyvän kysynnän myötä kolmella prosenttiyksiköllä 21 prosenttiin.

Syksyn puukauppasesonki tulee olemaan ratkaiseva koko vuoden ostokertymää ajatellen myös tänä vuonna.

Metlassa vuonna 2005 käynnissä olevat

Tutkimushankkeet

(Hankkeen nimi, kesto, vastuututkija)

Vuoden neljän viimeisen kuukauden aikana puun ostojen yksityismetsistä tulisi olla keskimäärin neljä miljoonaa kuutiometriä kuukaudessa, jotta teollisuuden ostotavoite 41–42 miljoonaa kuutiometriä hakattua puuta täyttyisi. Viime syksyn puukauppatasoon verrattuna tämän tavoitteen saattaminen on hyvin realistista. Loppuvuoden puukauppaa vauhdittaa osaltaan se, että pinta-alaverotuksessa olevien puunmyyjien kauppajen rahoituksessa pankit ja puunostajat soveltavat erityisjärjestelyjä.

Puun kantohinnat ovat kauppamäärien notkahduksesta huolimatta nousseet viime vuodesta. Elokuussa kaikkien puutavaralajien hinnat mäntyttukia lukuun ottamatta olivat korkeammat kuin vuosi sitten. Eniten nousivat koivutukin (viisi prosenttia) ja kuusitukin (neljä prosenttia) hinnat. Kaikissa kuitupuulajeissa nousua vuositasolla oli kaksi prosenttia. Mäntyttukista maksettu keskihinta taas aleni neljä prosenttia.

Heinäkuuhun verrattuna mänty- ja kuusitukin sekä koivukuitupuun hinnat olivat pysyneet vakaina. Koivutukin sekä kuusi- ja mäntyttukin keskihinnat olivat hienoisessa kahden prosentin laskussa.

Kuusitukin elokuun keskihinta (46,2 €/m³) oli laskenut prosentin verran vuoden huippuhinnastaan toukokuussa. Kuusitukin hintataso on silti edelleen korkeammalla kuin vuosiin. Merkkejä hinnan laskusta ei ole näkyvässä, sillä syksyn puukaupassa varsinkin kuusitukin odotetaan käyvän hyvin kaupaksi. Myös muilla puutavaralajeilla mäntyttukia lukuun ottamatta on hyvä kysyntä. ■

Uusimmat Metsätalastiedotteet löydät Metlan www.sivuilta osoitteesta: www.metla.fi/ajankohtaista/.

Koko maan keskimääräiset kantohinnat elokuussa 2005

	(euroa/m ³)	Muutos	
		1 kk	12 kk
Mäntyttukki	43,7	0 %	- 4 %
Kuusitukki	46,2	0 %	4 %
Koivutukki	41,5	- 2 %	5 %
Mäntykuitu	12,4	- 2 %	2 %
Kuusikuitu	20,4	- 2 %	2 %
Koivukuitu	11,9	0 %	2 %

Lähde: Metinfo Tilastopalvelu

- Arktisten maaekosysteemien tutkimus ja seuranta, 2004–2007, Derome John
- Biotekniikka metsägenetiikan ja metsänjalostuksen tutkimuksessa, 2004–2008, Aronen Tuuja
- EU:n puuenergiavarat, energiateknologian markkinat ja kansainvälinen bioenergiakauppa, 2005–2007, Asikainen Antti
- Ekologisesti ja sosioekonomisesti kestävä puuenergian tuotannon ja käytön kehittäminen yksityismetsätaloudessa, 2001–2005, Asikainen Antti
- Ennallistamistoimien vaikutukset puuston, kasvillisuuden ja makrosienten kehitykseen aiemmin talouskäytössä olleissa metsissä –esitutkimus, 2005, Eerikäinen Kalle
- Epätasaisen metsikkörakenteen vaikutus puuston kehitykseen ja tuotokseen, 2000–2005, Valkonen Sauli
- Euroopan metsätietopalvelun kehittäminen (NEFIS), 2003–2005, Saarikko Jarmo
- Fenologisten tapahtumien ajoittuminen muuttuvassa ilmastossa - tutkimuskohteena metsäpuut ja niiden siemenet sekä marja- ja sienisadot, 2004–2008, Kubin Eero
- Five European RES Heat Pilots (5EURES), 2005–2007, Asikainen Antti
- HMS-tutkimusohjelman koordinointi, 2001–2005, Sievänen Risto
- Hakkuutähteen talteenotto osana metsätaloutta, 2000–2006, Nurmi Juha
- Harvennus puuntuotannon ohjauksena, 2000–2005, Niemistö Pentti
- Havupuiden polyamiinit, 2004–2006, Sarjala Tytti
- Heuristiset optimointimenetelmät metsäsuunnittelussa, 2003–2007, Kurttila Mikko
- Hiilen varastot ja virrat kangas- ja turvemilla, 2001–2005, Helmisaari Heljä-Sisko
- Hirvieläinten yhteiskunnallinen tavoitetaso ja vaikutukset metsätalouteen, monimuotoisuuteen ja metsäekosysteemien hoitoon –esitutkimus, 2005, Aarnio Jukka
- IUFRO:n erityishanke Maailman metsät, yhteiskunta ja ympäristö, 2002–2005, Mery Mery Gerardo
- Idän Metsätieto - Venäjän metsätalouden tietopalvelu, 2002–2005, Karjalainen Timo
- Informaatioteknologian kehitys ja metsäsektori (ITFO), 2002–2005, Hetemäki Lauri
- Jalostushyöty ja geneettinen monimuotoisuus jalostetussa metsänviljelyaineistossa, 2002–2006, Nikkanen Teijo
- Kangasmetsien ravinne dynamiikka ja ravinteisuuden hoito, 2002–2006, Helmisaari Heljä-Sisko
- Kansainvälistymisen vaikutus Suomen puumarkkinoihin ja sahateollisuuden liiketoimintaan, 2004–2005, Toppinen Anne
- Kapea kuusi kuituviljelypuuna, 2002–2005, Pulkkinen Pertti
- Kasvihuonekaasujen (CH₄ ja N₂O) päästöt metsätalouden ravinnevalumien suojavyöhykkeissä, 2003–2005, Alm Jukka
- Kasvun, puuaineen laadun ja resistenssinominaisuuksien vertailu ja valinta haavalla ja hybridihaavalla, 2002–2006, Beuker Egbert
- Kestävyyden kriteerit ja luonnonkäyttömuotojen yhteensovittaminen Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa –esitutkimus, 2004–2005, Huhta Esa
- Kunnostusojituksen puustovaikutukset ja vesienpuhdistus, 2001–2005, Vuollekoski Martti
- Kustannustehokas metsän ennallistaminen, 2005–2008, Ollonqvist Pekka
- Kuusikoiden uudistaminen ja kasvillisuuden monimuotoisuus, 2003–2007, Vanha-Majamaa Ilkka
- LIFE to KOLI - Kansallispuiston metsien ja niittyjen ennallistaminen, 2003–2006, Eerikäinen Kalle
- LIGNUM-malli ja sen sovellukset, 2002–2005, Sievänen Risto
- Lahottajaisien metsätaloudelle aiheuttamien riskien tunnistaminen ja hallinta, 2002–2006, Piri Tuula
- Lehtipuun käytön monipuolistaminen, 2002–2006, Herjälä Henri
- Leimikon arvomuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa, 2002–2005, Wall Tapio
- Ligniinin biosynteesin tutkimus metsäpuilla siirtogeeniteknikan keinoin ja ligniiniuokattujen puiden ekologiset interaktiot, 2004–2005, Aronen Tuuja
- Lisää työtä metsäryittäjyydellä, 2005–2007, Uusitalo Jori
- Lisääntymisbiologian vaikutus metsiköiden geneettiseen rakenteeseen, 2004–2007, Rusanen Mari
- Luonnon- ja talousmetsien rakenteen, kehitysdynamiikan ja monimuotoisuuden erot, 2001–2005, Siitonen Juha
- Luonnonmetsät ja suot Koillismaahan ja Kainuun vihreällä vyöhykkeellä (GreenBelt), 2004–2008, Tolvanen Anne
- Länsi-Suomen Metsäalan yhteistoimintaverkosto, 2003–2005, Aro Lasse
- Maaperän kosteusvaihtelun ja typen saatavuuden vaikutus kasvikon (Picea abies Karst.) ravinnetilaan ja kasvuun, 2003–2005, Lumme Ilari
- Maaperän orgaaniseen aineeseen tutkimusmenetelmät (SOM), 2003–2005, Kitunen Veikko
- Maisemalaboratorio - LIFE, 2004–2007, Huhta Esa
- Mallien kehittäminen ja alueelliset laskelmat, 2002–2005, Alm Jukka
- Matkailu osana luonnon- ja kulttuuriympäristön kestävää käyttöä, 2000–2006, Tuulentie Seija
- Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet, 2002–2005, Herjälä Henri
- Metsien hiilitase, 2004–2005, Mäkipää Raisa
- Metsien hiilivarastojen dynamiikan mallit, 2001–2005, Sievänen Risto
- Metsien inventointimenetelmien tutkimus ja kehitys, 1998–2005, Tomppo Erkki
- Metsien monimuotoisuuden suojelu monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa, 2005–2009, Pykäläinen Jouni
- Metsien suojelun vaikutukset Suomen metsäsektoriin muuttuvassa toimintaympäristössä, 2005–2009, Kallio Maarit
- Metsien suojelun vaikutukset puun hankintamahdollisuuksiin ja paikallistalouteen, 2005–2009, Nuutinen Tuula
- Metsien uudistumisekologian professorin viran hoito ja Nornet-yhteistoiminta, 2004–2006, Sutinen Marja-Liisa
- Metsikön rakenne, kilpailudynamiikka ja puuntuotoskyky kasvumalleissa, 2000–2005, Ojansuu Risto
- Metsä- ja puutalouden kilpailukyky, 2002–2005, Penttinen Markku
- Metsä- ja suokasvillisuus ympäristömuutoksen ilmentäjinä –esitutkimus, 2004–2005, Tonteri Tiina
- Metsäekosysteemin vaste ympäristökäyttäjöihin (ICP-Forests/Taso II), 1995–, Derome John
- Metsämaan mikrobiologinen monimuotoisuus ja toiminta, 2003–2007, Fritze Hannu
- Metsän patogeenein ja tuholaisten molekyylibiologia, 2000–2005, Hantula Jarkko
- Metsän uudistaminen ja metsittäminen turvemilla, 2004–2008, Saarinen Markku
- Metsänhakkuiden vaikutus elohopean ja muiden raskasmetallien huuhtoutumisiin ojitetuilla turvemilla –esitutkimus, 2005, Ukonmaanaho Liisa
- Metsänjalostus- ja siemenviljelyohjelmat, 2005–2009, Haapanen Matti
- Metsänkasvatuksen vaihtoehdot ja niiden puuntuotannonliset seuraukset –koordinointi, 2000–2005, Hynynen Jari
- Metsänuudistamisen laadun hallinta yksityismetsissä, 2004–2007, Saksu Timo
- Metsänuudistamistuloksen ja varhaiskehityksen mallittaminen, 2003–2006, Miina Jari
- Metsäpolitiikka yksityismetsätalouden ohjaajana,

- 2001–2005, Hänninen Harri
- Metsäpuiden geenivarat, 2002–, Rusanen Mari
- Metsäpuiden tuhonkestävyys, 2002–2006, Rousi Matti
- Metsäpuiden vasteet muuttuvaan ympäristöön, 2004–2007, Vapaavuori Elina
- Metsäsektorin kehitys Venäjällä ja vaikutukset Suomen metsäsektoriin, 2004–2007, Karjalainen Timo
- Metsäsektorin rakenteelliset muutokset ja metsäpolitiikan painopisteet valituissa Keski ja Itä-Euroopan maissa –esitutkimus, 2005, Ilavský Jan
- Metsäsektorin suhdannekatsaus, 2005–2008, Sevola Jyrkö
- Metsäsimulaattori, 2000–2005, Siitonen Markku
- Metsätalouden mallintaminen ja analyysit, 1985–, Nuutinen Tuula
- Metsätalouden suunnittelun tutkimusohjelman koordinointi, 1999–2005, Nuutinen Tuula
- Metsätaloustoimienpiteiden vaikutus metsäekosysteemin ainevirtoihin (VIRTA), 2004–2007, Piirainen Sirpa
- Metsätautien etiologia ja epidemiologia, 2000–2005, Liija Arja
- Metsätiedon hankinta ja estimointi suunnittelua varten, 2002–2006, Korhonen Kari Tapani
- Metsätalostollinen tietopalvelu, 1963–, Aarne Martti
- Metsätuhotietopalvelu, 1992–, Pouutu Antti
- Metsävarojen seuranta, 1998–2005, Tuomainen Tarja
- Myrkönsasiirroksen vaikutus kuusentaimien elinvoimaisuuteen, 2000–2005, Pennanen Taina
- Myrskytuhoa ja metsäpaloa jäljittelevän hakkuun vaikutus vanhojen metsien eliöstössä, 2001–2011, Kukko-oja Kari
- Myyräkantojen vaihtelu ja myyrätuhojen torjunta, 2000–2005, Henttonen Heikki
- Männyn laatutekijät puutuoteollisuudessa, 2002–2006, Verkasalo Erkki
- Männyn populaatorakenteen vaikutus jalostusvyöhykkeisiin ja valintaindeksiin, 2002–2006, Pulkkinen Pertti
- Männynherkkutatin itiöemien muodostukseen vaikuttavat tekijät ja niiden keinollinen säätely, 2002–2005, Sarjala Tytti
- Neulasaikasarjat ympäristön tilan kuvaajina, 2000–2006, Jalakanen Risto
- Nuorten metsien energiapuun mittaust, 2005, Verkasalo Erkki
- Näringsrika restprodukter i ett skogligt kretslopp, 2002–2005, Karlsson Kristian
- Ojitettujen turvemaiden ravinnemäärät ja ravinnedynamiikka, 2004–2008, Pietiläinen Pekka
- P-Pohjanmaan metsätalouden kannattavuus, 2002–2005, Ahtikoski Anssi
- Pohjois-Pohjanmaan metsätalouden kannattavuus, 2002–2005, Ahtikoski Anssi
- Pohjois-Suomen metsän uudistamisen vaihtoehdot sekä niiden ekologinen ja sosiaalinen kestävyys, 1999–2005, Hallikainen Ville
- Poronhoito ja muuttuva ympäristö, 2002–2006, Helle Timo
- Puiden sopeutumismomenteihin ja taloudellisesti tärkeiden ominaisuuksien geneettinen perusta, 2004–2008, Kärkkäinen Katri
- Puiden terveydentila rakennetussa kaupunkiluonnossa, 2004–2005, Hallaksela Anna Maija
- Puiden vuotuisen paksuskasvun ajoittuminen ja vuosien välinen kasvunvaihtelu, 2004–2008, Nöjd Pekka
- Puulajin merkitys metsämaan viljavuudessa, 1999–2005, Smolander Aino
- Puun kilpailualueiden hyödyntäminen puutuotteidemme markkinoilla, 2002–2005, Enroth Rajja-Riitta
- Puunhankinnan muuttuva toimintaympäristö, 2001–2005, Rummukainen Arto
- Puunkorjuuteknologia ja puunhankinta Suomessa ja EU:ssa –esitutkimus, 2005, Asikainen Antti
- Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki –tutkimusohjelman koordinointi ja ekstensio, 2002–2006, Verkasalo Erkki
- Puuraaka-aineen ominaisuuksien hallinta metsänjalostuksen ja -kasvatuksen keinoin, 2002–2006, Saranpää Pekka
- Puurakentamisen yritysten menestystekijät muuttuvassa kilpailuympäristössä, 2004–2008, Ollonqvist Pekka
- Puuston ja ilmaston merkitys ojitettujen suometsiköiden vesitasoissa –esitutkimus, 2005, Hökkä Hannu
- Puutavaran määrän ja laadun mittausten uudet menetelmät, 2002–2006, Lindblad Jari
- Puutavaranmittauksen viranomaistehtävät, 2002–, Hjelm Lauri
- Päätöksenteon tukijärjestelmä metsikön kasvatusvaihtoehtojen arviointiin, 2000–2005, Hynynen Jari
- Raskasmetallilaskeuma ja bioindikaattorit, 2003–2007, Piispanen Juha
- Roudan sulamisajankohdan vaikutus metsäpuiden juurten ja verson kasvuun ja elintoimintoihin, 2004–2007, Repo Tapani
- SUO tutkimusohjelman koordinointi, 1999–2005, Ahti Erkki
- Siemen- ja taimimateriaalin kontrolloituun tuotantoon vaikuttavat tekijät, 2002–2006, Pulkkinen Pertti
- Soiden ja metsien ennallistaminen Pohjois-Suomessa, 2005–2009, Tolvanen Anne
- Suojelualueet ja maaseudun elinvoimaisuus, 2005–2009, Selby Ashley
- Suometsien käsittelyvaihtoehtojen tuotos- ja talousperusteet käsittelysuorituksille, 2005–2007, Hökkä Hannu
- Suonpohjien soistaminen, 2002–2005, Kukko-oja Kari
- Syky, talvi ja kevät metsissä –esitutkimus, 2005, Iivesniemi Hannu
- Säteilyriskien hallinta metsätaloudessa, 2001–2005, Aro Lasse
- TREESNIPS - SNP merkikageenin kehittäminen sopeutumismuuttelun tutkimiseen, 2002–2006, Kärkkäinen Katri
- TUK-koordinaatiohanke, 2005–2010, Horne Paula
- Taimikon puulajikoostumuksen ja tiheyden vaikutus pohjaveden ravinnetasoon, 2001–2005, Kubin Eero
- Taimikonhoidon menetelmien kehittäminen –esitutkimus, 2004–2005, Valkonen Sauli
- Taimituotanto- ja istutusketju, 2000–2006, Smolander Heikki
- Taloudelliset-ekologiset vuorovaikutukset metsävarojen kestävässä käytössä, 2001–2005, Tahvonen Olli
- Torjunta-aineiden tarkastus, 1976–, Poteri Marja
- Tuhohyönteisten kannanvaihtelut ja vaikutukset puustoon sekä tuholaiskantojen ennustaminen ja torjunta, 2003–2006, Neuvonen Seppo
- Tulen merkitys ja käyttö borealisessa metsässä, 2000–2005, Vanha-Majamaa Ilkka
- Turvemaiden tuhkalannoituksen huuhtoutumisriskit, 2003–2007, Piirainen Sirpa
- Turvetuotannosta vapautuvien suopohjien metsittämisen ympäristövaikutukset, 2001–2006, Piispanen Juha
- Ulkomaisten puulajien ja erikoispuiden kasvatust, 1992–, Nikkanen Teijo
- Valtakunnan metsien inventointi 10 (VMI10), 2004–, Korhonen Kari Tapani
- Venäjän, Keski- ja Itä-Euroopan siirtymätalouksien metsätietopalvelu, 2005, Karjalainen Timo
- Viljelymetsätalouden teknologia, organisointi ja logistiikka, 2002–2005, Harstela Pertti
- Virkistyskäytön kysyntä ja hyödyt, 2000–2005, Sievänen Tuija
- Yksityismetsien monimuotoisuuden turvaamisen ohjaukset, 2005–2009, Naskali Arto
- Ylä-Lapin metsien kestävä käyttö, 2004–2007, Hyppönen Mikko

Lisätietoja Metlan tutkimuksista (mm. kaikkien tutkimushankkeiden ja -ohjelmien kotisivut): www.metla.fi/tutkimus/

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja

Sopivatko porot luonnonpuistoon?

Käsivarren Lapissa puhkesi 1990-luvun lopulla kiista siitä, saavatko porot laiduntaan Mallan luonnonpuistossa. Vuonna 2001 käynnistettiin monitieteellinen tutkimushanke, jossa selvitettiin porolaidunnuksen tai sen puuttumisen ekologisia ja sosio-kulttuurisia vaikutuksia. Tutkimuksista ilmeni muun muassa, että laidunnuksella on putkilokasvi- ja perhoslajistoon sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia.

Jokinen, Mikko (toim.). Poronhoidon ja suojelun vaikutukset Mallan luonnonpuistossa. MT 941. Hinta 20 €

Metallialtistus heikentää männyn kasvua

Väitöskirjassa tutkittiin männyn vastetta kupari- ja nikkeli-altistukselle männyn elinkierron eri vaiheissa, sekä metallien kulkeutumista ja kertymistä mättyekosysteemin eri osissa. Tutkimuksessa todettiin muun muassa, että metallien vaikutukset männyn kasvuun vaihtelivat männyn iästä ja maaperän ominaisuuksista riippuen. Tuloksia voidaan hyödyntää saastuneiden alueiden kunnostuksessa sekä vaurioiden ennalta ehkäisemisessä.

Nieminen, Tiina. Response of Scots pine to a long-term Cu and Ni exposure. MT 942. Hinta 20 €

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja –sarja tilaukset:

Metla/Kirjasto
puh: 010 211 2200
sähköposti: kirjasto@metla.fi
Hintoihin lisätään toimitusmaksu 5 €.

Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja

Kestävästä hakkuumahdollisuudesta hyödynnetään 85 prosenttia

Vuosina 1999–2003 korjattiin käyttöpuuta Suomen metsistä keskimäärin 57 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 85 prosenttia suurimman kestävä hakuuäärän arviosta. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen ja Rannikon metsäkeskuksen Pohjanmaan alueella hakkuumahdollisuudet ovat olleet lähes täyskäytössä.



Koonnut: Jaakko Napola



Nuutinen, T. 2005. Alueelliset hakkuumahdollisuudet Suomessa. Metlan työraportteja 13. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp013.htm.

Alueellisten metsäohjelmien hakkuutavoitteet maltillisia

Jos Etelä-Suomen metsiä hakataan alueellisten metsäohjelmien mukaisesti ja nykyiset suojelepäätökset sekä metsienkäyttelysuositukset ovat voimassa seuraavat 50 vuotta, metsien puuvarat, säästöpuiden määrä ja iäkkäiden metsien osuus kasvavat nykyisestä.

Nuutinen, T. ym. 2005. Etelä-Suomen metsien kehitys – vuosille 2001-2005 tehtyjen alueellisten metsäohjelmien vaikutusanalyysi. Metlan työraportteja 12. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp012.htm.

Taimitarhojen taudeista ja tuholaista

Intian Keralassa vuonna 2003 pidetyssä kansainvälisessä taimitarhatutkimuksen konferenssissa käsiteltiin kasvitautien ja tuhohyönteisten torjuntaa. Julkaisu sisältää 12 artikkelia, joista kaksi koskee suomalaista taimituotantoa.

Lilja, A., ym. (toim.). 2005. Diseases and insects in forest nurseries - Proceedings of the 5th Meeting of IUFRO Working Party S7.03.04, May 6-8, 2003, at Peechi, Kerala, India. Metlan työraportteja 11. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp011.htm.

Miten energiapuu kannattaisi korjata?

Energiapuuksi korjattavalla rangalla korjuukustannukset ovat korkeammat kuin kokopuulla. Rangan etuja ovat raaka-aineen korkea laatu ja soveltuvuus pienkattiloissa poltettavan hakkeen ja pilkkeen valmistukseen. Pienirunkoisilla kohteilla karsinnan aiheuttama kustannusten nousu saattaa kuitenkin olla hyötyjä suurempi.

Heikkilä, J. ym. 2005. Karsitun energiapuu korjuuvaihtoehdot ja kustannustekijät. Metlan työraportteja 10. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp010.htm.

Metsätieteen aikakauskirja 2/2005

Päätoimittajalta. **Eeva Korpilahti:** Osataanko luovuutta johtaa?

Päätoimittaja Eeva Korpilahti pohtii luovuuden merkitystä tutkimuksessa: "Tärkeä tekijä merkittävien tieteellisten tulosten aikaansaamisessa on kyky ohjalla luovuutta tutkimusorganisaatiossa.

Tarvitaan näkemystä, ymmärrystä, henkistä kypsyttää ja väljyyttä antamaan luovuudelle elintilaa niin, että jokainen tutkija pystyy käyttämään uteliaisuuttaan, oppoamaan intohimoisesti tutkimusaiheeseensa ja kartuttamaan osaamistaan."

Tutkimusartikkeleita

Saija Huuskonen & Anssi Ahtikoski: Ensiharvennuksen ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus kuivahkon kankaan männiköiden tuotokseen ja tuottoon

Ensiharvennusten myöhentäminen noin kymmenellä vuodella nykysuositukseen verrattuna parantaisi männiköiden ensiharvennusten kannattavuutta ilman, että menettely vähentäisi metsikön puuntuotosta tai taloudellista tuottoa koko kierroksella. Edellytyksenä on, että taimikonhoidosta on huolehdittu ajallaan.

Kaisa Raitio & Teijo Rytteri: Metsähallituksen ja valtio-omistajan vastuu Ylä-Lapin porotalouden ja metsätalouden välisessä kiistassa

Porotalouden ja metsätalouden välinen kiista Ylä-Lapissa on yhä ratkaisematta. Kiistan ratkaisun kannalta ongelmallista on valtio-omistajan ja Metsähallituksen pallottelu sillä, kenen lopulta tulisi tehdä päätöksiä ja kuka vastaa niiden käytännön tulkinnasta.

Jukka Tikkanen ym.: Sidosryhmäyhteistyö alueellisessa metsäsuunnittelussa

Metsäkeskukset tekevät yhteistyötä alueellisessa metsäsuunnittelussa ylivoimaisesti eniten metsänhoitoyhdistysten kanssa. Tutkimuksessa hahmotellaan ideaalinen yhteistyömenettely, joka ottaisi huomioon erilaisia tilanrajat ylittäviä tavoitteita.

Tiedonantoja

Artti Juutinen: Luonnonarvokaupan kustannustehokkuus: kokeiluhanke Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella

Vapaaehtoisuuteen perustuva luonnonarvokauppa näyttää saaneen myönteisen vastaanoton metsänomistajilta. Uuteen menettelyyn liittyy kuitenkin myös epäkohtia. Esimerkiksi metsänomistajien kilpailuttaminen ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla.

Tieteen tori

Lauri Hetemäki & Jari Kuuluvainen: Kansallisen metsäpolitiikan kehittäminen

Kansallisen metsäohjelman päivitys on parhaillaan käynnistymässä. Kirjoittajien mielestä ohjelmassa tulisi painottaa nykyistä enemmän kysyntälähtöistä ajattelutapaa. Tarvitaan myös panostusta T&K-toimintaan sekä uusien innovaatioiden tuotteistamista. Metsäpolitiikka tulisi integroida selkeämmin osaksi talous-, energia- ja ympäristöpolitiikkaa.

Markku Penttinen: Metsänuudistamiskypsyys on monen tekijän summa

Hintariski pidentää edullisinta metsänuudistamiskäytäntöä hieman. Kuitenkin, mikäli puun hinnat jatkavat nykyistä laskuaan, ovat Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion suositukset metsikön päätehakkuuista taloudellista tulosta painottavalle metsänomistajalle liian varovaisia.

Martti Lepistö & Jaakko Napola: Siperianlehtikuusi – viljely, käyttö ja jalostus

Lehtikuusen viljelymäärät ovat olleet laskussa huippuajoistaan 1990-luvun loppupuoliskolta, joskin vähentyminen näyttäisi nyt tasaantuneen. Nykyisin lehtikuusta istutetaan noin miljoona tainta vuodessa.

Tutkimuslauseita

Tapani Repo ym.: Impedanssispektroskopian soveltaminen juurten kasvun mittaamiseen

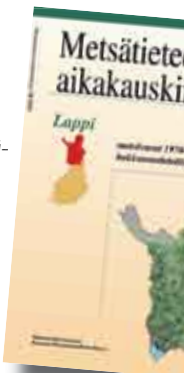
Puiden juurten kasvun mittaamiseen voidaan käyttää uutta menetelmää, jota kutsutaan impedanssispektroskopiksi. Siinä tutkittavaan kohteeseen ohjataan eri taajuisia sähkövirtaa.

Metsätieteen aikakauskirja 2B/2005

- Lapin metsäkeskuksen alueen metsävarat 1970-2003
- Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarvot vuosille 2003-2032 Lapin metsäkeskuksen alueella

Lapin metsistä voisi lähivuosikymmenten aikana hakata puuta selvästi enemmän kuin nykyisin, mutta metsien rakenteesta johtuen hakkuumahdollisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin puuston nykyinen kasvu.

Metsätieteen aikakauskirjan tilaukset: Metla/Susanna Järvinen p. 010 211 2055 susanna.jarvinen@metla.fi





METLA

TUTKIMUSTIETOA METSÄSTÄ



Metla on yli 900 hengen asiantuntijaorganisaatio, jolla on yhdeksän yksikköä eri puolilla Suomea sekä lähes koko maan kattava tutkimusmetsäverkosto. Metlan tehtävänä on edistää tutkimuksen keinoin metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävää hoitoa ja käyttöä. Maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimiva Metla on Euroopan suurin metsätutkimusorganisaatio. Vuonna 1917 perustetulla Metlalla on suuri määrä pysyviä koealoja ja niistä kerättyjä laajoja mittausaineistoja. Tutkimuksen ja tietovarantojen hallinnoinnin lisäksi Metla laatii ennusteita muun muassa metsien terveydentilasta ja puukaupasta. Metla hallinnoi myös Kolon kansallispuistoa, Mallan ja Vesijaon luonnonpuistoja sekä useita pienempiä luonnonsuojelualueita.

WWW.METLA.FI