

Pekka Vakkari, Mari Rusanen ja Katri Kärkkäinen

## Kynäjalavan populaatiot Suomessa ovat geneettisesti erilaistuneita

Seloste artikkelista: Vakkari, P., Rusanen, M. & Kärkkäinen, K. 2009. High genetic differentiation in marginal populations of European white elm (*Ulmus laevis*). *Silva Fennica* 43(2): 185–196.

<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf432185.pdf>

Geneettinen monimuotoisuus tunnustetaan suojeltavan monimuotoisuuden osa-alueeksi Kansainvälisessä biodiversiteettisopimuksessa (CBD). Suomessa metsäpuiden geneettisen monimuotoisuuden suojelun tavoitteet ja strategia on määritetty Maa- ja metsätalouden kansallisessa kasvigeenivaraohjelmassa. Puulajikohtaiset toimenpiteet riippuvat ensisijaisesti lajin populaatiogeneettisestä rakenteesta, mutta tutkimustulosten puuttuessa suunnittelun tukena käytetään tietoja lajin yleisyydestä, levinneisyysalueen yhtenäisyydestä sekä lajin ekologiasta ja lisääntymisbiologiasta. Kynäjalava kasvaa Suomessa yksittäispuina ja pieninä metsiköinä pääasiassa Kokemäenjoen-Vanajaveden vesistön alueella. Se on luonnonsuojelusetuksessa uhanalaiseksi luokiteltu laji. Luonnonsuojelustatuksen lisäksi kynäjalavan geneettistä monimuotoisuutta suojellaan kasvupaikkojen ulkopuolella (*ex situ*) keräämällä aineistoa useasta luontaisesta esiintymästä kasvamaan intensiivisesti hoidetussa kokoelmassa.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin geneettisen muuntelun määrää kynäjalavametsiköissä sekä muuntelun jakautumista metsiköiden välillä. Saatua tietoa populaatiogeneettisestä rakenteesta käytetään lajin suojelustrategian toimivuuden arvioinnissa. Tutkimuksen aineisto muodostui 13 suomalaisesta (Lohja 1, Tesjoki 1 ja Kokemäenjoki-Vanajavesi 11 met-

sikköä) sekä yhdestä virolaisesta metsiköstä (Helmejoki). Geneettistä muuntelua mitattiin isoentsyymitekniikalla, jolla saadaan tietoa luonnonvalinnan kannalta neutraalien ominaisuuksien muuntelusta sekä siihen vaikuttavista ekologisista prosesseista, kuten geenivirrasta metsiköiden välillä. Muuntelun määrää ja jakautumista metsiköissä kuvattiin odotetulla heterotsygotialla ( $H_e$ ), polymorfisten lokusten osuudella (P95) ja otoskokoon suhteutetulla alleelien lukumäärällä (AR) sekä metsiköiden erilaistumista mittaavalla varianssikomponentilla ( $F_{st}$ ). Maantieteellisen ja geneettisen etäisyyden välistä riippuvuutta analysoitiin Mantelin testillä.

Muuntelun määrä ( $H_e$ ) metsiköissä oli sängen vaihteleva, matalin odotetun heterotsygotian arvo oli 0,050 ja korkein 0,144. Arvot ovat selvästi pienempiä kuin puilla yleensä ja myös pienempiä kuin Ranskassa kynäjalavalle saadut  $H_e$ -arvot. Eristyneet Lohjan ja Tesjoen metsiköt eivät poikenneet merkittävästi pääesiintymisalueen metsiköistä tässä suhteessa. Viron metsikön (Helmejoki) muuntelun määrä oli suomalaisten metsiköiden keskiarvon yläpuolella.

Kynäjalavan metsiköt näyttävät olevan geneettisesti selvästi erilaistuneita ( $F_{st}=0,227$ ), erilaistuminen on paljon selvempää kuin tähän asti tutkituilla muilla lehtipuilla Suomessa. Harvalukuisuudesta huolimatta tulos on jossain määrin yllättävä, koska laji on tuulipölytteinen ja siitepölyn kulkeutumisen odotetaan olevan tällöin tehokasta. Maantieteellisen ja geneettisen etäisyyden välillä oli tilastollisesti merkitsevä riippuvuus vain Vanajaveden metsiköissä. Tämän alueen ulkopuolella metsiköt ilmeisesti ovat niin eristyneitä ja siitepölyn määrä vähäinen, että sattuman erilaistava vaikutus ylittää geenivirran tasoittavan vaikutuksen.

Reuna-alueiden populaatioiden geneettistä rakennetta koskevan hypoteesin mukaan populaatiot ovat pienempiä kuin lajin esiintymisen keskusalueella sekä kauempana toisistaan. Tällöin sattuma vaikuttaa populaatioiden geneettiseen rakenteeseen keskusaluetta voimakkaammin, muuntelun määrä vähenee ja populaatioiden erilaistuminen lisääntyy.

Kynäjalavalle saadut tulokset ovat sopuoinnussa tämän hypoteesin kanssa.

Geneettisen muuntelun määrän suuri vaihtelu metsiköstä toiseen on geneettisen suojelun kannalta hankalaa; samoin geneettisen ja maantieteellisen etäisyyden välisen riippuvuuden purkautuminen ydinalueen ulkopuolella. Kaukaisimmat populaatiot eivät ole erilaisimpia, eivätkä keskusalueen metsiköt välttämättä sisällä suurinta muuntelun määrää. Näiden tulosten mukaan kynäjalavan geneettisessä suojelussa noudatettu strategia sisällyttää mahdollisimman monta metsikköä *ex situ* -kokoelmaan on perusteltu.

■ FM Pekka Vakkari, FM, MMM Mari Rusanen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö; prof. Katri Kärkkäinen, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö. Sähköposti pekka.vakkari@metla.fi

Arto Haara ja Pekka Leskinen

## Kuvioittaisen laskennallisesti ajantasaistetun metsävaratiedon epävarmuuden arviointi

Seloste artikkelista: Haara, A. & Leskinen, P. 2009. The assessment of the uncertainty of updated stand-level inventory data. *Silva Fennica* 43(1): 87–112.

<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf431087.pdf>

**H**akkuumahdollisuuksien ja metsänhoitotarpeiden selvittäminen on olennainen osa nykyistä metsäsuunnittelua. Nämä tiedot tuotetaan lukuisia kasvu- ja tuotosmalleja sisältävillä metsäsuunnitteluohjelmistoilla. Ajantasaisten metsävaratiedon kasvanut tarve ja tuoreiden mittaus tietojen puute ovat viime aikoina johtaneet laskennallisen ajantasaistuksen käytön lisääntymiseen. Laskennallisesti ajantasaistetulle metsävaratiedolle ei kuitenkaan tuoteta mitään luotettavuusennusteita, vaan päivitettyjä puustotietoja käsitellään pitkälti ikään kuin ne olisivat tarkkoja. Metsäsuunnitteluohjelmistojen kasvu- ja tuotosmallien ennusteiden luotettavuutta

on vaikea selvittää ohjelmistojen monimutkaisuuden ja mallien monimutkaisten vuorovaikutussuhteiden vuoksi. Lisäksi ohjelmistojen tarvitsema metsävaratieto tuotetaan pääosin maastotyönä kuvioittaisella arvioinnilla, jonka subjektiivisuus ja suuri luotettavuuden vaihtelu vaikeuttavat edelleen luotettavuusennusteiden laatimista. Luotettavuusennusteiden laadintaa hankaloittaa myös kattavien ja pitkäaikaisen riippumattomien metsikkökoealojen puute.

Tavoitteena oli tarkastella kahta laskennallisesti ajantasaistetun metsävaratiedon luotettavuuden arviointimenetelmää: i) havaittujen virheiden mallinnusta sekä ii) k:n lähimmän naapurin menetelmää. Samalla tutkimus antoi myös tietoa laskennallisesti ajantasaistetun metsävaratiedon soveltuvuudesta suunnittelulaskelmien lähtötiedoiksi.

Tutkimusaineistoina käytettiin laajaa metsiköitäistä kasvukoeala-aineistoa sekä kahta suurta kuvioittaisen arvioinnin tarkistusmittausaineistoa. Kasvukoeala-aineiston kunkin kuvion kasvupaikkatiedoista ja koealojen yhdistetyistä koepuutiedoista tuotettiin Solmu-muotoiset virheettömät puusto-ositteittaiset kuviotiedostot. Tarkistusmittausaineistoa käytettiin käytännön mittausvirheiden tuottamiseen puusto-ositteittäisiin kuviotiedostoihin. Virheettömiä sekä mittausvirheet sisältäviä kuviotiedostoja ajantasaistettiin MELA-metsäsuunnitteluohjelmistolla kaksi viisivuotiskautta. Ajantasaistusjakson aikana kuvioille tehdyt toimenpiteet simuloitiin. Ajantasaistuksen tuottamat virheet ja harhat saatiin kuvion oikeiden puustotunnusten ja simuloitujen puustotunnusten erotuksena. Tarkasteltavia puustotunnuksia olivat pohjapinta-ala, keskiläpimitta ja -pituus sekä kokonaistilavuus.

Laskennallisesti ajantasaistetun metsävaratiedon luotettavuutta ennustettiin kahdella eri menetelmällä: havaittujen virheitä mallittamalla sekä k:n lähimmän naapurin menetelmällä. Havaittujen virheiden mallinnuksessa kunkin ajantasaistetun puustotunnuksen virheen neliötä ennustettiin kuvioaineistosta saatavilla ajantasaistusajalla sekä puusto- että metsikkötunnuksilla. Lisäksi laadittiin mallit kunkin ajantasaistetun puustotunnusten harhalle. Kumminkin mallit laadittiin erikseen i) aineistoille, joissa oli vain lepokuviot ja ii) aineistoille, jotka sisälsivät myös ajantasaistusajalla käsitellyt kuviot.

K:n lähimmän naapurin menetelmässä kunkin kohdekuvion ajantasaistetuille puustotunnuksil-

le johdettiin epävarmuustunnukset kohdekuvion puustotietoja eniten vastaavien naapurikuvioiden ajantasaistettujen puustotunnusten virheistä. Naapurikuvioiden etsinnässä käytetyt puustotunnukset ja niiden painotus sekä lähimpien naapureiden lukumäärä haettiin monitavoiteoptimoinnilla, jossa minimoitiin kohdekuvion ennustetun kasvun ja naapurikuvioiden ennustetun kasvun erotusta. Tällöin kohdekuvion ja sen naapurikuvioiden puustotunnukset ja ennustettu kasvu vastasivat toisiaan mahdollisimman hyvin.

Molemmilla menetelmillä saatiin tarkkuudeltaan käyttökelpoisia metsäalueen ja yksittäisen kuvion ajantasaistettujen puustotunnusten luotettavuusarvioita. Menetelmät ovat helposti liitettävissä metsäsuunnitteluohjelmistoihin, eikä niiden käyttö lisää merkittävästi ohjelmistojen laskenta-aikaa. Menetelmien käytön rajoitteena on riippumattomien mallitusaineistojen huono saatavuus. K:n lähimmän naapurin menetelmässä referenssiaineistoa voidaan kuitenkin täydentää jatkuvasti.

Tutkimuksessa käytettyä kahta menetelmää voidaan hyödyntää myös kasvu- ja kertymäennusteiden luotettavuuden arviointiin tilanteissa, joissa metsätiedon hankinnassa käytetään kaukokartoitusmenetelmiä, kuten esimerkiksi maastomittausten, laserkeilauksen ja ilmakuvien yhdistämistä. Tällöin on ensin selvitettävä, millainen virherakenne laskennan lähtötietoihin, ja sitä kautta kasvu- ja kertymäennusteisiin, muodostuu.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että kasvumallien avulla laskennallisesti ajantasaistetut metsävaratiedot voisivat soveltua metsäsuunnittelun lähtöaineistoksi puustotunnusten luotettavuuden kannalta. Kuvioittaisen arvioinnin virhettä sisältävien puustotunnusten luotettavuus pysyi jokseenkin samalla tasolla ajantasaistuksen jälkeen kuin ennen sitä. Ajantasaistusjakson aikana käsiteltyjen kuvioiden kasvuennusteet olivat kuitenkin selvästi huonompia kuin lepokuvioiden. Näiden kuvioiden puustotunnusten uudelleeninventointia olisikin syytä mahdollisuuksien mukaan harkita tehdyn toimenpiteen jälkeen.

■ MMT Arto Haara, Helsingin yliopisto, Metsävarojen käytön laitos; prof. Pekka Leskinen, Suomen ympäristökeskus. Sähköposti arto.haara@helsinki.fi

Katri Luostarinen, Noora Huotari ja Eila Tillman-Sutela

## Vaihtelu siemen- ja vesa-syntyisen hieskoivun kasvun, puuaineksen tiheyden ja kuitujen koon välillä

Seloste artikkelista: Luostarinen, K., Huotari, N. & Tillman-Sutela, E. 2009. Variation of growth, wood density and fibre properties in seed- and sprout-originated downy birches (*Betula pubescens* Ehrh.). *Silva Fennica* 43(3): 329–338. <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf432249.pdf>

Vesottamalla uudistettujen puiden lyhytkiertoviljelyä käytetään Fennoskandiassa energiapuun tuotantoon. Vesottamalla lisääminen voi tulevaisuudessa soveltua myös helposti vesovan hieskoivun kasvattamiseen, kun ilmaston lämpenemisen ennustetaan lisäävän etenkin lehtipuiden kasvua boreaalaisella vyöhykkeellä. Toistaiseksi vesa- ja siemensyntyisten hieskoivujen puuaineksen välisistä eroista tiedetään vähän, vaikka alkuperien fysiologiassa ja kasvussa on eroja.

Tässä tutkimuksessa verrattiin toisiinsa keskivanteisen rantaniityn 25-vuotiaiden vesa- ja siemensyntyisten hieskoivujen rungon pituutta ja läpimittaa, puuaineksen tiheyttä, vuosikasvua sekä kuitujen pituutta ja leveyttä. Yhteensä mitattiin viisi vesasyntyistä ja viisi siemensyntyistä hieskoivua. Vesasyntyisistä hieskoivuista valittiin rykelmän suurin runko ja rungoista sahattiin näytekiekot tiheys- ja kuitumittauksia varten. Kuitunäytteet jaoteltiin kolmen luston ryhmiin ytimeistä pintaan, kuidut irrotettiin toisistaan maseroimalla ja mitattiin L & W Fiber Tester –laitteella. Ytimeistä pintaan ulottuvasta suikaleesta mitattiin tiheys-profiili Itrax-röntgenlaitteella, ja lustojen paksuus määritettiin profiilissa näkyvien tiheyserojen perusteella. Puuaineksen tiheys 12 % kosteussuhteessa määritettiin ko. suikaleesta. Tulokset analysoitiin SPSS-ohjelman varianssianalysillä tai Kruskal-Wallis testillä. Korrelaatio laskettiin lustojen leveyden ja kuitujen koon välille.

Vesasyntyiset rungot olivat suurempia kuin siemensyntyiset. Vaikka pituuserot olivat pieniä, läpimitta ja siten myös luston leveys olivat vesasyntyisissä rungoissa selvästi suurempia kuin siemensyntyisissä. Vesoneissa kannoissa oli keskimäärin neljä runkoa, joten vesasyntyiset hieskoivat tuottivat selvästi enemmän biomassaa kuin siemensyntyiset koivat. Tämä johtunee emokantojen suurista juuristoista, jotka sisältävät varastoituja hiilihydraatteja. Vuosikasvulla sen sijaan ei näyttänyt olevat merkittävää vaikutusta kuitujen kokoon, sillä luston leveys ei korreloinut kuitujen koon kanssa. Runkojen synty tapa ei vaikuttanut tilastollisesti merkittävästi puuaineksen tiheyteen, mikä on havaittu myös joillakin muilla vesovilla lehtipuilla.

Tässä tutkimuksessa mitatut kuidut olivat selvästi lyhyempiä kuin mitä saman ikäisistä hieskoivuista on aikaisemmin raportoitu. Vesasyntyisten runkojen kuidut olivat keskimäärin pidempiä kuin siemensyntyisten, kun lustoryhmät yhdistettiin. Pieniuuden vuoksi erolla ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä, vaikka se olikin tilastollisesti merkittävä. Kuitujen pituuden kasvaminen ytimestä rungon pintaan oli pienempi vesa- kuin siemensyntyisillä koivuilla. Vesasyntyisten runkojen kuidut olivat pidempiä noin 10 vuoden ikään asti, jonka jälkeen siemensyntyisten koivujen kuidut olivat pidempiä. Lisäksi kuidun pituuden kasvu pieneni selvästi ja tasaantui noin 20 vuoden ikään mennessä, joten kuitujen pituus hieskoivulla oli verrattavissa joidenkin trooppisten nopeakasvuisten selluteollisuudessa käytettyjen puiden kuidun pituuteen. Vesasyntyisten koivujen kuidut olivat leveämpiä kuin siemensyntyisten, ja leveys kasvoi ytimestä pintaan puun kasvun tasoittuessa jo noin 15 vuoden iässä. Siemensyntyisten koivujen kuidun leveydessä sen sijaan havaittiin alenema 4–6 vuoden iässä. Tämä saattaa johtua nuorten siementaimien pienestä hormonipitoisuudesta, koska siemensyntyisissä taimissa oksia, niiden kärkiä ja lehtiä on vähemmän kuin vesovilla.

Havaitut erot siemen- ja vesasyntyisten hieskoivujen puuaineksen ominaisuuksien välillä olivat niin pieniä, että niillä ei ole merkitystä paperiteollisuuden tai energiakäytön kannalta. Siten vettämisen soveltuu puuaineksen ominaisuuksien perusteella uudistamistavaksi hieskoivulle. Lisäksi hieskoivun vettämisen on edullinen ja helppo

tapa tuottaa biomassaa etenkin turvepohjaisilla kasvualustoilla.

■ FT Katri Luostarinen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta; FM Noora Huotari, FT Eila Tillman-Sutela, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö. Sähköposti katri.luostarinen@joensuu.fi

Jaana Luoranen, Kyösti Konttinen ja Risto Rikala

## Varhain lyhytpäiväkäsittelyjen kuusen taimien karaistuminen ja jälkikasvuriski

Seloste artikkelista: Luoranen, J., Konttinen, K. & Rikala, R. Frost hardening and risk of a second flush in Norway spruce seedlings after an early-season short-day treatment. *Silva Fennica* 43(2): 234–247.

<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf432235.pdf>

Kesäistutus on yleistynyt koneellisen istutuksen myötä viime vuosina. Kesäistutetut taimet ovat joinakin vuosina vaurioituneet ensimmäisissä syyshalloissa. Taimien karaistumista voidaan aikaistaa lyhytpäiväkäsittelyllä (LP) taimet taimitarhalla. Toistaiseksi LP-käsittely on suositeltu aloitettavaksi aikaisintaan heinäkuun alussa, jolloin taimet ovat istutettavissa vasta elokuun alussa. Koneellisessa istutuksessa istutuskausi jatkuu läpi kesän. Hallankestäviä taimia tarvitaan siis jo heinäkuussa, jolloin taimien LP-käsittely olisi aloitettava jo kesäkuussa. Tiedetään, että taimien kehitysvaihe vaikuttaa siihen, miten taimet reagoivat LP-käsittelyyn. Jos käsittelyt aloitetaan hyvin aikaisin, taimien jälkikasvuriski kasvaa. Varhain aloitettujen LP-käsittelyjen vaikutuksista taimien karaistumiseen ja pakkaskestävyyteen ensimmäisten syyshallojen aikana ei ole ollut tietoa.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kesäkuussa aloitettujen LP-käsittelyjen sekä kuusen taimien kehitysvaiheen vaikutusta jälkikasvuriskiä ja karaistumiseen. Tutkimus toteutettiin kolmena vuotena

Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimustaimitarhalla. Tutkimuksessa käytettiin yksivuotisia paakkutaimia, joiden kasvatusta jatkettiin toisena vuotena toukokuussa lämmitetyssä muovihuoneessa tai ulkona karaisukentällä. Kesäkuun toisella, kolmannella ja neljännellä viikolla taimia siirrettiin kahden tai kolmen viikon LP-käsittelyyn. Taimista määritettiin pituuskasvun päättyminen ja silmun muodostuminen sekä pakkaskestävyys yhtenä vuotena viisi kertaa heinäkuun lopun ja lokakuun puolivälin välisenä aikana sekä kahtena vuotena kerran elo-syyskuun taitteessa. Jälkikasvujen osuus määritettiin kaikista taimieristä elo-syyskuun taitteessa. Taimien kehitysvaihetta kuvattiin sekä LP-käsittelyn alkuun mennessä että sen jälkeen kertyneellä lämpösummalla.

Kaikki LP-käsittelyvaihtoehdot pysäyttivät tehokkaasti taimien pituuskasvun. Sen sijaan jälkikasvuriski kasvoi, jos lämpösummaa oli kertynyt ennen LP-käsittelyn alkua vähemmän kuin 300 astepäivää tai käsittelyn loppumisen jälkeen elokuun puoliväliin enemmän kuin 450 astepäivää. Pitämällä taimia keväällä lämmitetyssä muovihuoneessa, kertyy taimille lämpösummaa nopeammin kuin avomaalla, mikä pienentää taimen jälkikasvuriskiä. LP-käsittelyt paransivat sekä neulasten että rangan pakkaskestävyyttä heinäkuun lopulta syyskuun alkupuolelle verrattuna käsittelemättömiin taimiin. Sen jälkeen pakkaskestävyyserot käsiteltyjen tai käsittelemättömien taimien välillä hävisivät. Muovihuonekasvatuksen vaikutus taimien pakkaskestävyyteen oli vähäinen verrattuna LP-käsittelyn vaikutukseen.

Taimitarhaolosuhteissa toteutettujen kokeiden perusteella kesäkuun toisella puoliskolla aloitetulla LP-käsittelyllä voidaan karaista kesällä istutettavia taimia. Toistaiseksi kuitenkin puuttuu maastokokeisiin perustuva tieto taimien karaistumiskehityksestä, jälkikasvuriskistä ja silmujen puhkeamisesta seuraavana keväänä, joten aikaistettuun LP-käsittelyyn tulee toistaiseksi suhtautua varauksella.

■ MMT Jaana Luoranen, mti Kyösti Konttinen, MMT Risto Rikala, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö. Sähköposti jaana.luoranen@metla.fi

Juha Heiskanen, Markku Lahti,  
Jaana Luoranen ja Risto Rikala

## Ravinnetankkaus taimitarhalla saa aikaan lyhytaikaisen vaikutuksen kuusen paakkutaimien typpitilaan ja kasvuun istutuksen jälkeen

Seloste artikkelista: Nutrient loading has a transitory effect on the nitrogen status and growth of outplanted Norway spruce seedlings. *Silva Fennica* 43(2): 249–260.  
<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf432249.pdf>

Taimien ravinne- ja erityisesti typpipitoisuuden lisäyksen positiivisia vaikutuksia istutuksen jälkeiseen kasvuun on julkaistu monella puolajilla. Tämän vuoksi taimitarhoilla on viime vuosina suositeltu taimien ravinnetankkausta istutuksen jälkeisen kasvun parantamiseksi. Ravinnetankkauksella tarkoitetaan yleensä taimien pituuskasvun päättymisen jälkeen taimitarhalla annettavaa lisälannoitusta, millä pyritään taimen ravinnepitoisuuden kasvattamiseen ilman että taimien koko tai morfologia muuttuu. Kuitenkin on olemassa vain muutamia tutkimuksia, joissa ravinnetankkauksen vaikutusta on seurattu todellisilla uudistusaloilla useamman kuin yhden kasvukauden ajan istutuksen jälkeen. Ravinnetankkausta ei ole myöskään tutkittu viljavuustasoiltaan erilaisilla kasvupaikoilla.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka taimitarhalla syyskesällä annettu lisälannoitus vaikuttaa kaksivuotiaiden kuusen paakkutaimien kasvuun ja ravinnetalouteen kevätiistutuksen jälkeen viljavuustasoltaan erilaisilla kasvupaikoilla. Taimia lisälannoitettiin pituuskasvun päättymisen jälkeen elo-syyskuussa Superex-9 lannoitteella (Kekkilä Oy) käyttäen kolmea tankkaustasoa (matala = ei syyslannoitusta, keski, korkea). Istutettujen taimien kehitystä seurattiin kolme kasvukautta hiekkaisella tarhakentällä, jolla toinen istutusalue oli lannoittamaton (karu) ja toinen (ravinteikas) oli hidasliukoisella lannoitteella lannoitettu (Taimiston

kestolannos, Kemira Oy), sekä yhdellä tyypillisellä kuusen laikkumätästetyllä uudistamisalalla.

Taimitarhalla ravinnetankattujen kaksivuotiaiden kuusen paakkutaimien tyypipitoisuus lisääntyi tankkaustason mukaan, mutta taimet eivät poikenneet toisistaan kooltaan tai kuivamassaltaan ennen istutusta. Taimien ravinnepitoisuuserot tasaantuivat jo ensimmäisenä kasvukautena istutuksen jälkeen. Taimien verson ja juurten kasvu kuitenkin lisääntyi karussa maassa ravinnetankkaustason mukaan yhden kasvukauden ajan istutuksen jälkeen, mikä tukee aiemman esitutkimuksemme tuloksia. Toisin kuin joissakin ulkomaisissa tutkimuksissa on raportoitu, ravinnetankkauksen ei tässä todettu vaikuttaneen taimien kasvuun ravinteikkaassa maassa, jossa kasvu oli kuitenkin suurempi kuin karussa maassa. Ravinnetankkauksen vaikutusaika karussa maassa oli myös lyhempi kuin mitä muilla puulajeilla on havaittu. Mustakuusella tankkauksen on raportoitu lisäävän kasvua jopa kuuden kasvukauden ajan.

Myös laikutusmätästetyllä metsämaan uudistamisalalla ravinnetankkauksen vaikutus kuusen taimien kasvuun oli suhteellisen pieni ja lyhytkestoinen, mikä oletettavasti osoitti suhteellisen suurta maan luontaista ravinteisuutta taimien istutuskohdissa laikkumätäissä.

Saatujen tulosten perusteella on pääteltävissä, että taimien ravinnetilan nopean istutuskohteeseen mukautumisen ja hyvän alkukehityksen kannalta on perusteltua käyttää ravinnetankattua taimimateriaalia (neulasten tyypipitoisuus 16–23 mg g<sup>-1</sup>). Vaikka kuusentaimien ravinnetankkauksella ei voida täysin korvata ravinteiden saatavuutta istutusmaasta, se voi kuitenkin antaa viljavuudeltaan heikommilla kasvupaikoilla merkittävän sysäyksen taimien alkukehitykselle ensimmäisen ja yleensä kriittisimmän kasvukauden aikana istutuksen jälkeen.

■ MMT Juha Heiskanen, MMM Markku Lahti, MMT Jaana Luoranen ja MMT Risto Rikala, Metsäntutkimuslaitos, Suomenjoen toimintayksikkö.  
Sähköposti juha.heiskanen@metla.fi

Henrik Heräjärvi

## Kuivausmenetelmän vaikutus haavan puuaineen ominaisuuksiin

Seloste artikkelista: Heräjärvi, H. 2009. Effect of drying technology on aspen wood properties. *Silva Fennica* 43(3): 433–445.

<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf43/sf433433.pdf>

**P**erinteistä puutavaran kuivausprosessia voidaan muunnella siten, että tietyt puuaineen ominaisuudet muuttuvat haluttuun suuntaan. Puuaineen ominaisuuksien muokkaamista kutsutaan modifioinniksi. Toiset puulajit soveltuvat modifiointiin muita paremmin, esimerkiksi puuaineen tiheys ja huokosrakenne vaikuttavat nesteiden ja kaasujen liikkumiseen puussa, mikä rajoittaa kemiallisen modifioinnin mahdollisuuksia. Puuaineen ominaisuuksia voidaan kuivauksen yhteydessä modifioida myös mekaanisesti kasvattamalla puun tiheyttä paineen avulla. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kolmen erityyppisen kuivausmenetelmän vaikutuksia metsä- (*Populus tremula* L.) ja hybridihaavan (*P. tremula x tremuloides*) puuaineen fysikaalisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin.

Aineistona käytettiin viidestä metsä- ja seitsemästä hybridihaavikosta Etelä- ja Väli-Suomesta kerättyjä näytteitä. Kaatokoepuista saadut tukit sahattiin ja sahatavara kuivattiin kolmella eri menetelmällä:

- i) normaali lämminilmakuivaus kamarissa,
- ii) puristuskuivaus kuumennettävien ja hydraulisesti puristettävien alumiinilevyjen välissä,
- iii) lämpökäsittely Thermo-S -luokkaan.

Kuivauskäsittelyjen jälkeen puutavarasta valmistettiin pieniä virheettömiä koekappaleita, jotka tasaannutettiin vakioilmasto-olosuhteissa noin 12 prosentin kosteussuhteeseen. Koekappaleet valmistettiin siten, että puiden sisäinen vaihtelu ytimeistä pintaan ja tyveltä latvaan voitiin ottaa huomioon. Tasaannutuksen jälkeen näytteistä mitattiin puuaineen kosteuseläminen, veden imeytymisnopeus, taivutuskimmokerroin ja -murtolujuus, puristulujuus

syiden ja säteen suunnassa, pinnan Brinell-kovuus, vetolujuus syiden ja säteen suunnassa sekä leikkauslujuus säteen ja tangentin suunnassa.

Haapalajien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja puuaineen kosteuselämisessä. Lämpökäsittely haapa sen sijaan erottui muilla tavoin kuivatusta puusta vähäisemmän kosteuselämisensä ja hitaamman vedenimeytymisnopeutensa ansiosta. Puristuskuivatun puun säteen suuntainen kosteuseläminen puolestaan oli selvästi muita kuivaustapoja suurempi, mikä johtui puristetun solukkorakenteen palautumisesta alkuperäiseen muotoonsa kosteuden muutosten seurauksena.

Haapalajien taivutusominaisuudet erosivat toisistaan tiheyseron suhteessa eli metsähaapa oli hieman hybridihaapaa lujempaa ja jäykempää. Puristuskuivauksella saatiin kasvatettua näytteiden taivutuslujuutta ja pinnan Brinell-kovuutta. Lämpökäsittely puolestaan alensi näytteiden taivutusmurtolujuutta, mutta kasvatti niiden kimmokerrointa: puu muuttui lämpökäsittelyssä elastisesta hauraaksi. Myös näytteiden säteen suuntainen puristuslujuus kasvoi lämpökäsittelyssä korkeammaksi kuin muilla tavoin kuivatuna. Vetolujuus niin syiden kuin säteen suunnassakin aleni lämpökäsittelyn tuloksena, kun taas lämminilmakuivatut ja puristuskuivatut näytteet eivät erottuneet toisistaan. Lujuusominaisuuksissa havaittiin selvää kasvua runkojen ytimestä pintaa kohti, mutta runkojen pituussuunnassa muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Tutkimukset osoittivat sekä metsä- että hybridihaavan soveltuvan mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksiensa puolesta moniin visuaalista ja toiminnallista laatua edellyttäviin sisustus- ja valituihin ulkokäyttötarkoituksiin. Lisäksi haavan puuaineen kosteuselämistä ja mekaanisia ominaisuuksia voidaan melko helposti muokata halutuiksi erilaisin kuivauskäsittelyin.

■ MMT Henrik Heräjärvi, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.  
Sähköposti [henrik.herajarvi@metla.fi](mailto:henrik.herajarvi@metla.fi)

Minna Terho

## Mitä kuoren takana oli? – Huonokuntoisten kaupunkipuiden lahon analysointi kaatopäätöksen jälkeen

Seloste väitöskirjasta: Terho, M. 2009. What was behind the bark? – An assessment of decay among urban *Tilia*, *Betula* and *Acer* trees felled as hazardous in the Helsinki City area. Dissertations Forestales 81. <http://www.metla.fi/dissertations/df81.htm>

**P**uut parantavat ihmisten hyvinvointia ja luovat viihtyisät elinolosuhteet rakennetussa kaupunkiluonnossa (puistot, pihat, kadut). Myös puiden rahallinen merkitys on suuri. Tiiviiden kaupunkirakenteiden keskellä istutus- ja hoitotyöt ovat kalliita, koska ne vaativat erikoisvarusteita.

Puiden suuri koko aiheuttaa ongelmia tiheästi rakennetuilla alueilla, missä ihmisen toimintaa ja omaisuutta on joka puolella. Koska kasvutila on rajallinen, puut altistuvat monille stressitekijöille: runkoja kolhitaan, juuria katkotaan ja oksia joudutaan leikkaamaan ympäristön ehdoilla. Kun suojaava kuorikerros rikotaan, pääsevät lahottajasienet iskeytymään puuhun. Lahoprosessi kestää vuosia, mutta lahon edetessä puun pystyssä pysyminen vaarantuu. Yleisesti halutaan, että vanhat ja arvokkaat kaupunkipuut voisivat elää niin pitkään kuin mahdollista, mutta toisaalta on myös hallittava riskit, jotka ison lahon puun romahtaminen hallitsemattomasti voi aiheuttaa. Kaupunkipuita joudutaankin kaatamaan lahon ja mekaanisten vikojen vuoksi.

Vanhon, mutta huonokuntoisten kaupunkipuiden kaatopäätökset on aina perusteltava hyvin. Kaatopäätökset tehdään puunhoidon ammattilaisten tekemien kuntoselvitysten perusteella. Koska puun sisäinen lahotilanne on puun pystyssä pysymisen kannalta ratkaisevin asia, tulisi puunhoidon ammattilaisten mahdollisimman hyvin pystyä ulkoisten merkkien perusteella ennustamaan puun sisäisen lahon määrä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli parantaa puiden kuntoarviointia ja vanhojen kaupunkipuiden suojelumahdollisuuksia. Työssä haluttiin selvittää, mikä on lahon merkitys kaatumisriskin aiheuttajana, mitkä ovat haitallisimpia lahottajasieniä, mitkä ovat yleisimpien kaupunkipuulajien vaurioprofiilit, miten ulkoiset merkit ennustavat kaatumisriskiä ja kuinka ne vaikuttavat kaatopäätökseen.

Tutkimusmateriaali koostui Helsingin kaupungin rakennusviraston päätöksenteon perusteella kaadetuista puisto- ja katupuista. Helsingin kaupungissa kasvaa noin 200 000 puistopuuta ja yli 30 000 katupuuta. Yleisimmät puulajit ovat lehmus, vaahtera ja koivu. Riittävän edustavan tutkimusmateriaalin saamiseksi keskityttiin kolmeen yleisimpään puulajiin. Yli kolmen vuoden materiaalinkeruuajakson aikana puita saatiin kerätyksi 265 kpl, josta 37 % oli lehmuksia, 29 % koivuja, ja 34 % vaahteroita.

Tutkimusaineiston analysoinnin tavoitteena oli löytää kunkin tutkittavan puun lahonnein ja vaarallisin kohta. Vaarallisimman kohdan määrittämiseksi analyysi tehtiin vaiheittain. Jokaisesta kaadettavaksi määrätystä puusta luetteloiitiin ja mitattiin kaikki ulkoiset vauriomerkit kuten halkeamat, onkalot, oksanleikkaut ja lahottajasienien itiöemät. Näiden tietojen avulla kullekin puulle suunniteltiin oma poikkileikkauskiekkujen näytteenottotiheys. Kaikki sahatut poikkileikkauskiekkot valokuvattiin ja varsinainen lahoanalysointi tehtiin näiden valokuvien avulla. Lahottajasienet määritettiin pääasiallisesti itiöemien, lahokuvion ja mikroskooppisten rihmastotunnistusten avulla. Lahon riskiarvioinnissa kiinnitettiin huomiota lahon vaiheeseen (värivika, pehmeä laho, ontto) ja siihen, miten laho oli levinnyt poikkileikkauksen suunnassa pintapuuta kohti.

Pitkälle edennyt laho ja siitä aiheutuva rungon katkeamisvaara oli yleisin kaupunkipuiden kuntoarvioinneissa esiin tullut riskitekijä. Muita riskitekijöitä olivat juuriston ankkuroinnin pettäminen ja oksien/haarojen romahtaminen. Vaurioprofiilit vaihtelevat kuitenkin puulajin mukaan.

Lehmuksella todettiin eniten ongelmia rungon tyvellä. Näissä tapauksissa alkuperäisenä syynä oli usein juuriston ja tyven vioittaminen mm. kavitoiden yhteydessä. Vioitusten kautta puut olivat saaneet lahovian, joka useimmiten oli lattakääpäsienen aiheuttama (*Ganoderma lipsiense*). Lisäksi lehmukselle tyypillistä oli runkojen onkaloituminen



mm. liian suurten oksanleikkuuhaavojen seurauksena. Näistä puista ei kuitenkaan eristetty haitallisia lahottajasieniä. Lehmus on yleisin katupuulaji Helsingissä, mikä osaltaan selittää havaittujen vaurioprofiilien yleisyyden. Katujen varsilla puut altistuvat puistoja yleisimmin tyvialueen voituksille ja oksien leikkaamiselle.

Koivuista 62 % luokiteltiin ränsistyneiksi. Ränsistyneiden puiden kohdalla kaatopäätös oli usein selkeä, koska puiden elinvoima ja kauneusarvo olivat selkeästi heikentyneet. Puun pystyssä pysymisen ja rungon mekaanisen lujuuden osalta koivun yleisimmät ongelmat löytyivät rungosta, jossa pakkashalkeamat ja oksanleikkuuarvet toimivat yleisimpinä lahottajasienten tartuntareitteinä. Tällaisista puista eristettiin usein pakurikäppää (*Inonotus obliquus*) ja helokka-lajeja (*Pholiota* spp.). Syytä koivujen ränsistymiselle ei tiedetä varmasti, mutta yksi mahdollinen selitys on koivun huono kuivuudensietokyky. Lisäksi koivua pidetään biologisesti lyhytikäisenä puulajina. Runsas ränsistyneiden puiden osuus näkyi myös koivusta eristetyssä lahottajasienilajistossa, jossa korostuivat heikentyneisiin puihin tyypillisesti iskeytyvät sienilajit kuten pököläkäppä (*Piptoporus betulinus*), purppuranahakka (*Chondrostereum purpureum*) ja pörrökäppä (*Cerrena unicolor*).

Vaahteroilla heikko haaraliitos isojen runkohaavojen välillä oli merkittävin yksittäinen riskitekijä. Liian pieni oksakulma ja liitoskohdan sisään kasvanut kuori ovat yleensä näissä tapauksissa alkuperäisinä syinä riskikohdan muodostumiselle. Heikko haaraliitos toimii myös tartuntareittinä lahottajasienille. Tutkimuksessa hyvänä esimerkkinä tästä oli vaahterankäppä (*Rigidoporus populinus*), jonka esiintyminen keskittyi nimenomaan isojen runkohaavojen liitoskohdan alueelle. Kriittinen sijainti teki tästä muutoin ei niin haitallisena pidetystä lajista huomionarvoisen. Tyvialueen ongelmat olivat vaahteralla yleisempiä kuin koivulla, mutta selvästi harvinaisempia kuin lehmuksella. Vaahterankäävän lisäksi yleisiä lahottajia vaahteralla olivat karstasyyliä (*Kretzschmaria deusta*), arinakäppä (*Phellinus igniarius*), lattakäppä, purppuranahakka, sekä lakkisienistä helokka-, vinokas- (*Pleurotus* spp.), ja mesisieni- (*Armillaria* spp.) lajit.

Tutkituista puista eristettiin yleisesti 13 tunnettua lahottajasienilajia tai sukua. Näiden haitallisuutta arvioitaessa kiinnitettiin huomiota: 1) lajeihin, jotka

pystyvät levittäytymään puun elävään pintakerrokseen, ja 2) lajeihin, jotka pysyttelevät kuolleessa sydänpuussa. Tutkimuksessa esiin tulleista lajeista voimakkain kyky levittäytyä pintapuuhun asti oli pörrökäävällä, lattakäävällä, pakurikäävällä, karstasyyllillä ja arinakäävällä. Suurimman rungon katkeamisriskin aiheutti lattakäävän laho. Sen sijaan käpäörakkaan, vinokkaiden ja lahoakoiden (*Hypholoma* spp.) aiheuttama laho ei ulottunut yhdessäkään tutkitussa poikkileikkauksnäytteessä pintapuuhun asti, vaan laho pysytteli sydänpuun alueella.

Vanhojen puiden suojelua voitaisiin parantaa kiinnittämällä enemmän huomiota lahoproessin seurantaan. Elävän puun lahoaminen on monimutkainen prosessi, johon vaikuttavat monet ympäristöstä johtuvat tekijät. Lahoproessin ensimmäisiä merkkejä puussa on värivian muodostuminen. Väri-vian syntymiseen johtavat eristeiset reaktiot, joista osa on bakteerien ja sienten, osa puun puolustautumisreaktioiden synnyttämiä. Lahoproessin edessä puuaines hajoaa ja pehmenee lahottajasienten toimesta, ja lopulta muodostuu onkalo. Puu pystyy myös puolustautumaan lahon leviämistä vastaan. Tällöin tärkeintä on suojata pintapuussa olevat elävät solukerrokset.

Onkaloituneet puut näyttäisivät saavan herkemmin kaatotuomion kuin pitkälle edenneet pehmeän lahon puut. Tämä on osittain ristiriitaista, sillä lujuusominaisuudet muuttuvat ratkaisevasti jo värivikaisessa puussa ja toisaalta onkalon muodostuminen on jo itsessään merkki puun puolustusmekanismien toiminnasta.

Puiden kuntoarviointien kehittämisessä tulisi-kin lahon määrän mittaamisen ohella kiinnittää huomiota siihen, minkälainen lahon vaihe puussa on meneillään. Varsinkin onkaloituneiden puiden osalta tulisi pyrkiä tunnistamaan puut, joissa puun puolustusmekanismit ovat onnistuneesti rajanneet lahon leviämisen. Tämä on tärkeää myös siksi, että onkaloituneet puut ovat ekologisesti tärkeitä. Ne tarjoavat hitaasti kehittyvän ekologisen lokeron monille eliölajeille.

Yleisesti puiden kuntoarviointeja voitaisiin kehittää luomalla parempia seurantamenetelmiä. Näin voitaisiin kerätä useampia havaintoja yleisimmistä vaurioprofileista ja tarkastella lahon etenemisen vauhtia. Monet kuntoarvioinneissa esille tulleet ongelmat olisi vältettävissä ottamalla huomioon

puut paremmin jo ympäristön suunnitteluvaiheessa. Näin vältettäisi tarpeettomia oksanleikkuita ja kaivutöitä. Samalla pienennettäisiin puunhoidon kustannuksia.

■ MMT Minna Terho, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö. Sähköposti [minna.terho@metla.fi](mailto:minna.terho@metla.fi)

Soili Kojola

## Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotokseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen

Seloste väitöskirjasta: Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotokseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen. *Dissertationes Forestales* 83. <http://www.metla.fi/dissertationes/df83.htm>

Ojitettujen soiden metsät edustavat noin neljänestä Suomen metsien kokonaispuustosta sekä -kasvusta. Erityisesti mäntyvaltaisten nuorten kasvatusmetsien määrä on suuri. Varsin merkittävästä hakkuupotentiaalistaan huolimatta ojitusaluiden vuotuiset hakkuumäärät ovat jääneet suhteellisen pieniksi, sillä hakkuumahdollisuuksien hyödyntämistä hidastavat muun muassa korjuolosuhteiden vaatavuus ja ajoittain vähäinen kuitupuun kysyntä.

Ojitusaluiden metsät poikkeavat kangasmetsistä monessa suhteessa, mikä lisää tarvetta juuri ojitusaluiden lähtökohdista tehdylle metsänhoidon tutkimukselle. Nuorille ensiharvennusvaihetta lähestyville ojitusaluemetsille on ominaista puustojen erirakenteisuus, ryhmittäisyys ja hieskoivun runsaus sekapuuna. Lisäksi kasvupaikan vesitalouden tilan vaihteluista johtuu, että ojitetun suon kasvupaikka ei ole olosuhteiltaan niin vakaa kuin kangasmaan kasvupaikka. Metsänkasvatus ojitusalueilla edellyttääkin kuivatustilan seuranta ja tarpeellisia toimia

hyvien olosuhteiden ylläpitämiseksi. Tutkimuksen on vastattava myös käytännön metsätalouden tarpeisiin, jossa metsänkasvatuksen taloudellisen kannattavuuden näkökulma on viime aikoina saanut voimakkaammin jalansijaa ns. perinteisen metsänparannusajattelun rinnalla.

Väitöskirjatutkimuksessa tarkasteltiin metsänkasvatuksen tuloksen muodostumista ojitetuilla soilla, keskittyen ensimmäisen ojituksen jälkeisen puusukupolven mäntyvaltaisiin metsiin. Ensiharvennusajankohdan ohella mielenkiinto kohdistui nuorten kasvatusmetsien jäljellä olevaan kasvatusaikaan. Tavoitteena oli selvittää kunnostusojitusten sekä ajoitukseltaan ja voimakkuudeltaan erilaisten harvennusten vaikutuksia puuston kehitykseen, kasvatusajan kokonaistuotokseen sekä metsänkasvatuksen taloudelliseen tulokseen. Tutkimuksessa määritettiin kasvupaikan, ilmastoalueen ja puuston metsänhoidollisen tilan suhteen erilaisille metsille kasvatusketjut, jotka tuottivat parhaat tulokset joko puuntuotoksen tai taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta.

Tutkimus jaettiin neljään osatutkimukseen, joissa käsiteltiin i) harvennusajankohdan vaikutusta ensiharvennuskertymiin, ii) harvennusajankohdan ja voimakkuuden tuotosvaikutuksia sekä iii) kunnostusojitusten ja erilaisten harvennusten yhteisvaikutuksia käyttöpuun tuotokseen ja iv) metsänkasvatuksen taloustulokseen jäljellä olevalla kasvatusajalla. Metsänkasvatuksen tulokseen vaikuttavia osatekijöitä, kuten ensiharvennuksen ajoitusta, tarkasteltiin harvennuskokeiden avulla. Päätehakuuseen saakka ulottuvissa tarkasteluissa tutkittiin alueittain ja kasvupaikoittain edustavia inventointiaineistoihin perustuvia puustoja. Puustojen kehitysennusteet tuotettiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä MOTTI-simulaattorilla, joka mahdollisti pitkän aikavälin metsikkökohtaisen tarkastelun ojitusaluemetsien kasvumallien avulla. Simulaattorissa olevilla malleilla saadaan kuvattua puuston luontaisen dynamiikan lisäksi myös toimenpiteiden vaikutuksia puuston määrän ja rakenteen kehitykseen. Simulointien lähtöpuustot edustivat tarkasteluajankohdalle tyypillisiä tilanteita, toisin sanoen niitä päätöksenteotilanteita, joissa valitaan toimenpiteitä ojitusaluemetsien jäljellä olevalle kasvatusajalle. Vastavasti tarkasteluun valitut toimenpideyhdistelmät eli kasvatusketjut määriteltiin siten, että ne toivat esiin

erilaisten toteutustapojen tai toimenpiteiden toteuttamatta jättämisen vaikutukset metsänkasvatuksen tulokseen. Kasvatusketjujen tuotostuloksia vertailtiin keskimääräisen vuotuisen käyttöpuun kasvun avulla ja toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta nettotulojen nykyarvon avulla.

Sekä tuotokset että kasvut vaihtelivat ensisijaisesti metsikön lämpösumma-alueen sekä kasvupaikan ravinteisuuden mukaan. Näin olosuhteet muodostivat kasvatuksen reunaehdot, joiden puitteissa vaikuttivat toimenpiteiden tekeminen tai tekemättä jättäminen sekä kasvatusketjuihin sisältyvien toimenpiteiden toteutustapa. Myös nettotulojen nykyarvon mukaiset taloustulokset riippuivat tuotoksesta. Toisin sanoen toimenpiteiden taloudelliset hyödyt saatiin vain metsikön tuotospotentiaalin mahdollistamissa rajoissa. Pohjoisessa ja karuilla kasvupaikoilla reunaehdot olivat tiukemmat ja toimenpiteistä saatu hyöty vähäisempi kuin etelämpänä ja paremmilla kasvupaikoilla, missä olosuhteet mahdollistivat suuremman määrän vaihtoehtoisia kasvatusketjuja. Vastaavasti paremmissa kasvuolosuhteissa toimenpiteiden laiminlyönti jätti enemmän tuotospotentiaalia hyödyntämättä.

Tulokset tukivat selkeästi aktiivisen metsänhoidon merkitystä sekä sitä, että sopivan kasvatusketjun valinnalla on mahdollista lisätä ojitusaluemetsistä saatavaa käyttöpuun määrää ja parantaa kasvatuksen taloudellista tulosta. Kunnostusojitukset tuottivat pienehkön lisäyksen keskimääräiseen vuotuisen kasvuun. Kun kasvatusaikana tehtiin kunnostusojituksen lisäksi harvennus, oli tulos selkeästi parempi kuin passiivisessa kasvatusketjussa, johon ei sisällynyt kumpaakaan toimenpidettä. Yleensä kunnostusojitus toteutetaan harvennusten yhteydessä, mutta pohjoisilla tai karuilla kasvupaikoilla se olisi joskus tarpeen jo ennen harvennusta. Aktiiviset toimenpiteitä sisältävät kasvatusketjut johtivat parhaimmillaan kaksinkertaisiin keskimääräisiin vuotuisiin käyttöpuun kasvuihin verrattuna passiivisiin ketjuihin. Taloustuloksessa harvennustulojen merkitys oli keskeinen. Keskimäärin harvennus kaksinkertaisti passiivisen kasvatusketjun nettotulojen nykyarvon. Harvennusten voimistaminen ja kohtuullinen viivästäminen lisäsivät yleensä kasvatusketjun kannattavuutta. Riittävän ensiharvennuskertymän saavuttamiseksi oli tärkeää välttää liian aikaisia hakkuuta. Nuoren metsän hyvä metsänhoidollinen tila näkyi

erityisesti ensiharvennusten riittävän suurina kertyminä. Hyväkuntoisissa puustoissa ensiharvennuksen kannattavuutta voitiin lisätä myös harvennusajan kohtaa viivästämillä. Kuitenkin metsänhoidolliselta tilaltaan heikon nuoren metsän ensiharvennus, joka sinällään saattoi jäädä heikkotuottoiseksi, oli usein hyödyllinen koko kasvatusketjun taloustuloksen kannalta. Parhaita taloustuloksia tuottaviin kasvatusketjuihin sisältyi yleensä voimakkaampia harvennuksia ja vähemmän harvennus- ja kunnostusojituskertoja kuin tuotoksen näkökulmasta parhaisiin kasvatusketjuihin.

Tutkimustulosten mukaan ojitettujen soiden mäntyvaltaisissa metsissä on tuotospotentiaalia, joka mahdollistaa metsätalouden kannattavan harjoittamisen vaativista olosuhteista ja verraten pitkistä kasvatusajoista huolimatta. Hoidon puute heikentää kuitenkin metsien tuotospotentiaalin hyödyntämistä. Tutkimuksen tuloksista, joita on hyödynnetty muun muassa turvemaiden metsänhoitosuosittelusten laadinnassa, voidaan johtaa entistä tarkempia toimenpidesuosituksia kasvupaikan ja maantieteellisen sijainnin suhteen erilaisille ojitusalueiden metsille.

■ MMT Soili Kojola, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö. Sähköposti soili.kojola@metla.fi

Teppo Hujala

## Metsänomistajan ohjailema päätöstuki tilakohtaisessa metsäsuunnittelussa

Seloste väitöskirjasta: Hujala, T. 2009. Owner-driven decision support in holding-specific forest planning. Dissertations Forestales 85. <http://www.metla.fi/dissertations/df85.htm>

**T**ilakohtainen metsäsuunnittelu tarkoittaa suunnitelma-asiakirjojen myyntiä ja koostamista yksityisille perhemetsänomistajille kylän alue kerrallaan etenevän metsävaratiedonkeruun pohjalta.

Metsäsuunnittelu on palvelu, johon voi lopputuotteen eli suunnitelman lisäksi sisältyä monenlaista

vuorovaikutusta metsänomistajan ja metsäsuunnittelijan kesken joko metsässä tai sisätiloissa. Suunnitelmien tarkoituksena on tukea metsänomistajia heidän metsää koskevassa päätöksenteossaan sekä edistää samalla hyvää metsänhoitoa ja muita kansallisen metsäpolitiikan tavoitteita. Metsäsuunnitelmaa ja siihen liittyvää henkilökohtaista neuvontaa on pidetty yhtenä tärkeimmistä yksityisten metsänomistajien päätöksentekoa ohjaavista politiikka-keinoista.

Viimeaikainen tutkimus ja käytännön metsätalouden kokemukset ovat osoittaneet, että metsäsuunnittelun tuloksellisuus informaatio-ohjauksen keinona vaihtelee: metsänomistajalle suunnattu tiedotus tilan metsien laadusta ei välttämättä johda metsänhoitotöihin. Yhteiskunnan tukemalle metsäsuunnittelulle ja metsänomistajien neuvonnalle on haettu vaikuttavuutta korostamalla asiakaslähtöisyyttä. Tämä on tarkoittanut esimerkiksi markkinoinnin ja asiakaspalvelun taitojen painottamista metsäsuunnittelijoiden työnkuvassa ja täydennyskoulutuksessa. Metsänomistajan tavoitteiden tiedustelemista on jo pitkään korostettu metsäsuunnittelupalvelun ohjeistuksessa, ja tavoitelähtöisyyttä on painotettu myös metsänomistajille suunnatussa viestinnässä. Suunnittelun perustoimintamallia se ei kuitenkaan ole juuri muuttanut.

Väestön ikääntyminen, kaupungistuminen ja moniarvoisuus vaikuttavat ihmisten metsäsuhteeseen niin Suomessa kuin myös muissa kehittyneissä läntisissä maissa. Tämä vaikutus näkyy yksityismetsänomistajienkin muuttumisena ja palvelutarpeiden moninaistumisena. Omistajakunnan rakennemuutokseen ja moniarvoistumiseen liittyvä päätöstukimenetelmien kehittämistarve motivoivat tätä väitöskirjatyötä, jossa etsittiin lähtökohtia metsänomistajan ohjailemalle metsäsuunnittelupalvelulle.

Tavoitteena oli lähestyä metsänomistajien päätöksentekoa sosiokognitiivisesta näkökulmasta ja tarkastella vaihtelevien päätöksentekostrategioiden taustalla olevia tekijöitä. Erityisesti arvioitiin omistajan omaehtoisuuden, päätösvallan jakamisen, oppimishalun ja luottamuksen merkitystä omaa metsää koskevissa päätöksissä. Suomalaisen tapauksen pohjalta tehdyt johtopäätökset ovat olennaisilta osiltaan siirrettävissä muihin kehittyneisiin maihin, joissa perhemetsänomistajille järjestetään koulutus- ja neuvontapalveluita.

Väitöskirjan kahdessa ensimmäisessä osajulkaisussa suomalaisten yksityismetsänomistajien omaan metsään liittyvää päätöksentekoa analysoitiin laadullisesti haastatteluaineistoon (n=30) perustuen. Haastateltavat olivat metsäsuunnitelman tilanneita metsänomistajia Pirkanmaalta ja Pohjois-Karjalasta. Heidät poimittiin kaksivaiheisella menettelyllä: ensin valittiin subjektiivisesti ryhmä omistajia, joiden joukossa vaihtelu taustapiirteiden suhteen (ikä, sukupuoli, tilakoko, asuinpaikka, ammattiasema) olisi mahdollisimman suurta. Toisessa vaiheessa haastateltavat valittiin tästä ryhmästä satunnaisesti. Tarkoituksena oli saada haastateltavien joukkoon vaihtelua päätöksentekotilanteiden suhteen, jotta omistajien päätöksenteon tavat ja vuorovaikutusmieltymykset voitaisiin havaita mahdollisimman kattavasti.

Tekstiksi purettu haastatteluaineisto analysoitiin kummassakin tutkimuksessa soveltaen adaptiivista teorianmuodostusta, joka yhdistää teoria- ja aineistolähtöiset lähestymistavat. Tulokset saatiin systemaattisella prosessilla, joka alkoi lukemalla haastattelut huolellisesti läpi ja hankkimalla tällä tavoin yleiskuva aineistosta. Varsinainen analyysi alkoi merkityksellisten tekstiosien koodaamisella, minkä jälkeen havainnot ryhmiteltiin, tiivistettiin ja tulkittiin tutkimuskysymysten näkökulmasta. Ensimmäinen haastattelututkimus syventyi metsänomistajien päätöksentekotapoihin erittelemällä omistajan oppimishalua ja päätösvallan jakamista metsämattilaisen kanssa. Tutkimuksessa tunnistettiin ja kuvailtiin viisi päätöksentekotapaa: luottava, oppiva, liikkeenjohdollinen, puntaroiva ja omaehtoinen.

Toinen samaan aineistoon pohjautuva haastattelututkimus käsitteellisti sujuvan vuorovaikutuksen sekä eritteli sitä edistäviä ja estäviä tekijöitä metsänomistajien päätöstuessa. Analyysi käsitteli metsänomistajien tunteisiin ja kokemuksiin sekä metsäalan toimintamalleihin liittyviä näkökohtia. Tulokset korostavat luottamuksen rakentamisen, ymmärryksen varmistamisen sekä palvelujen kontekstuaalisuuden merkitystä metsänomistajien vuorovaikutteisessa päätöstuessa. Omistajien kannalta on tärkeää, että tarjolla on vaihtoehtoisia palvelumalleja, joista omistaja voi valita mieleisensä. Vuorovaikutteisuus ja havainnollisuus ovat olennaisia tekijöitä, kun tavoitellaan omistajan päätöksenteon helpottumista.

Haastattelututkimusten päätuloksia täsmennettiin kolmannessa osatutkimuksessa kvantitatiivisesti

analysoidulla postikyselyllä. Tutkimusta varten rakennettiin 14 väittämästä koostuva kysymyssarja metsänomistajien päätöstukiodotusten luonteen luokittelamista varten. Kysymykset käsittelivät luottamusta, oppimishalua ja päätöksenteon omaehtoisuutta. Kyselyn otokseen arvottiin yhteensä 1 600 yksityismetsänomistajaa Etelä-Pohjanmaalta, Kaakkois-Suomesta, Kainuusta ja Pirkanmaalta. Kyselyyn vastasi 676 metsänomistajaa, eli vastausprosentti oli 42.

Postikyselyaineiston monimuuttuja-analyysin (faktorianalyysi ja ryhmittely) avulla tunnistettiin kolme vuorovaikutusmieltyykseen pohjautuvaa metsänomistajaryhmää: luottavat toteuttajat (53 %), aktiiviset oppijat (27 %) ja riippumattomat päättäjät (20 %). Näille omistajaryhmille tutkimus suosittelee vuorovaikutustavoiltaan erilaisten palvelujen tarjoamista. Metsäkeskusalueiden välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja ryhmien kokojakaumissa, mikä puoltaa valtakunnallisesti yhtenäistä palvelutuotevalikoimaa. Omistajien taustapiirteistä koulutustaso, ammattiasema sekä asuinpaikan etäisyys metsätilasta olivat yhteydessä ryhmittelyyn; omistajan ikä ja tilakoko vastaavasti eivät tulosten mukaan juuri ole yhteydessä omistajien vuorovaikutusmieltyymysten jakaumaan. Tulos osoittaa, että omistajan ja hänen metsänsä välinen suhde vaikuttaa siihen, mitä metsänomistaja palvelulta odottaa.

Neljännessä osatutkimuksessa rakennettiin sopeutuvan päätöstuen malli, jonka avulla metsäsuunnittelussa voidaan yhdistää erityyppisiä päätöstuen menetelmiä sekä yksilöllistää metsänomistajille tarjottavia palveluja omistajien toiveiden ja mieltyymysten mukaisesti. Sopeutuvassa päätöstukipalvelussa päätöksentekijä (metsänomistaja) päättää siitä miten palveluprosessi etenee. Siinä palveluntarjoaja hyödyntää sujuvaa vuorovaikutusta metsänomistajan kanssa sekä oppimista omassa organisaatiossa ja organisaatioiden välillä. Oppivassa metsäpalveluorganisaatiossa sekä palveluvalikoima että toiminnan johtamisen ja toteuttamisen käytännöt kehittyvät toimintaympäristön mukana. Malli sopii metsänhoitoyhdistysten, metsäkeskusten, puunhankintaorganisaatioiden sekä metsäpalvelu- ja konsulttiyrittäjien käyttöön.

Metsänomistajan näkökulmaa tukeva metsäsuunnittelupalvelu lähtee liikkeelle asiakkaan metsänomistajaidentiteetin, hänen metsäsuhteensa ja arjen

toimintaympäristönsä tunnistamisella. Kun metsäsuunnittelu nähdään metsänomistajan päätöksenteon tukemisena, sen on luonteva pureutua omistajan päätöksenteon toimintaympäristöön ja niihin kysymyksiin, joissa omistaja tuntee metsäammattilaisen apua tarvitsevansa. Metsänomistajan ohjailema palvelu on enemmän kuin metsänomistajalähtöinen: se antaa metsänomistaja-asiakkaalle mahdollisuuden tehdä valintoja palvelun sisällöstä ja toteutustavoista sen kaikissa vaiheissa. Asiantuntija johtoinen palvelu korvautuu vuorovaikutuksella, jonka suuntaa asiakas valinnoillaan ohjailee. Metsäammattilaisen roolina on kuunnella, vastata esitettyihin toiveisiin ja kysymyksiin sekä toimia metsänomistajan oppimisprosessin ohjaajana, eräänlaisena mahdollistajana.

Väitöskirjan johtopäätöksinä voidaan todeta, että yksityismetsänomistajat hakevat metsäsuunnittelupalvelusta erilaisia asioita. Yksi toivoo alkeista lähtevää opastusta metsänhoitoon, toinen kaipaa asiantuntijan näkemystä puumääristä ja kolmas luontoarvoja suosivien metsänkasvatusvaihtoehtojen vertailua laskelmien avulla. Tarpeet muuttuvat metsänomistuksen elinkaaren aikana, omistajan elämäntilanteen ja metsäasioista oppimisen mukana. Tällöin muuttuvat paitsi omistajaa askarruttavat aiheet myös se mikä tieto on hänelle päätöksenteossa olennaista ja minkätyyppinen vuorovaikutus metsäammattilaisen kanssa häntä kiinnostaa. Erilaisten vuorovaikutustarpeiden taustalla vaikuttavia motiiveja voivat olla esimerkiksi uuteen harrastukseen liittyvä utelias oppimishalu, tarve saada perheen omaisuudenhoito hallintaan elämän ruuhkavuosien keskellä, varmuuden saaminen omalle alustavalle näkemykselle tai halu tuntea kuuluvansa metsätalouden tai metsänomistajien yhteisöön.

Tulosten yhteenveto osoittaa, että vuorovaikutukseen liittyvien metsänomistajien tarpeiden tunnistaminen on tärkeää, kun kehitetään metsäsuunnittelua ja muita metsänomistajien palveluja. On suositeltavaa, että metsäsuunnittelun palvelujen kehittämistä jatketaan yhteistoiminnassa metsänomistajien, metsäsuunnittelijoiden, asiakaspalvelun asiantuntijoiden ja tutkijoiden kesken.

■ MMT Teppo Hujala, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos.

Sähköposti [teppo.hujala@helsinki.fi](mailto:teppo.hujala@helsinki.fi)