

Saija Huuskonen ja Jari Hynynen

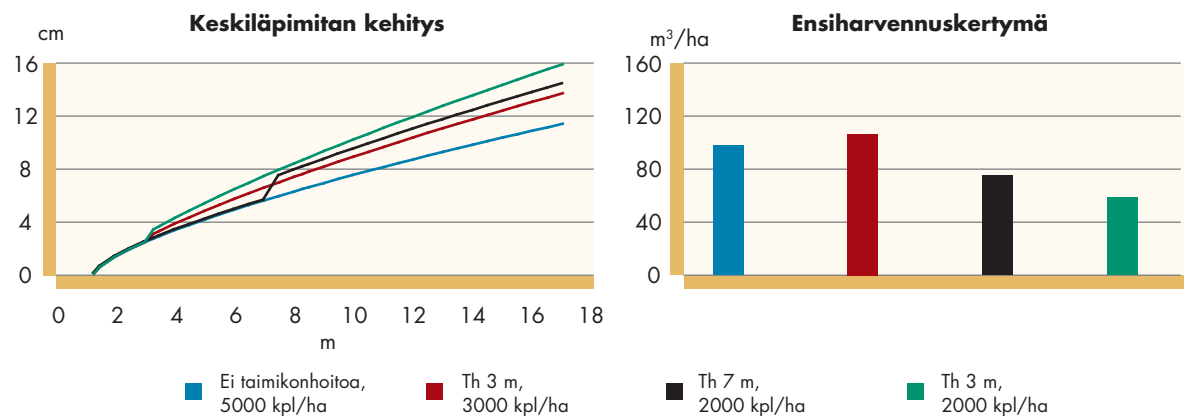
Taimikonhoidon ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus männiköiden ensiharvennukseen

Seloste artikkelista: Huuskonen, S. & Hynynen, J. 2006. Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica* 40(4): 645–662.

Metsänkasvatuksen eri vaiheissa tehtävät metsänhoitotoimet vaikuttavat aina seuraavien toimien ajankohtaan, tarpeellisuuteen ja talouteen. Varhaisvaiheen metsänhoitotoilla, kuten uudistamismenetelmän valinnalla ja taimikonhoidolla, on suuri vaikutus metsikön myöhempään kehitykseen ja metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Taimikonhoidon ajoitus ja voimakkuus vaikuttavat niin metsikön tuotokseen kuin metsikön laatukehitykseen, ja siis myös ensiharvennuksen ajoitukseen ja kannattavuuteen.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää taimikonhoidon ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus nuorten männiköiden puuston keskiläpimitan kehitykseen, kokonaistilavuuteen ensiharvennusvaiheessa sekä ensiharvennuskertymään. Tutkimuksessa laadittiin käytännön avuksi soveltuvat mallit puuston aritmeettisen keskiläpimitan kehitykselle, ensiharvennusvaiheen puuston kokonaistilavuudelle sekä ensiharvennuksessa kertyvän käyttöpuun tilavuudelle.

Tutkimusaineistona käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen 13 kestokoetta (169 koealaa), jotka oli mitattu kolmesta viiteen kertaan varhaisesta taimikkovaiheesta ensiharvennukseen saakka. Aineisto kattaa Etelä- ja Keski-Suomen kuivahkon kankaan männiköt. Metsiköt olivat kylvään tai luontaisesti uudistettuja männiköitä, joissa sekapuuston osuus oli vähäinen. Taimikonhoidon ajoitus vaihteli 2–8 metrin valtapituusvaiheen välillä ja metsikön tiheys taimikonhoidon jälkeen (taimikonhoidon voimakkuus) 500–3000 runkoa hehtaarilla. Ensiharvennus ajoitui 12–20 metrin valtapituusvaiheeseen, ja tiheys ensiharvennuksen jälkeen oli 400–4300 runkoa hehtaarilla. Osalla koekäytännöistä oli myös käsittelemättömiä koealoja.



Kuva 1. Etelä-Suomen kylvömännikön keskiläpimitan kehitys ja ensiharvennuskertymä eri taimikonhoidon ajoituksilla ja voimakkuuksilla.

Tulokset osoittivat, että taimikonhoito nopeutti selvästi puuston järeytymistä. Taimikonhoito, jonka jälkeen tiheys oli 2 000 kpl/ha 3 m:n valtapitusvaiheessa, johti 15 % suurempaan keskiläpimittaan ensiharvennusvaiheessa (H_{dom} 14 m) verrattuna harventamattoman (3 000 kpl/ha) luontaisesti syntyneen männikön kehitykseen. Aikainen ja voimakas taimikonhoito johti nopeimpaan keskiläpimitan kehitykseen ensiharvennusvaiheessa (kuva 1). Kylvömänniköissä keskiläpimitan kehitys oli 13 % nopeampaa kuin luontaisesti syntyneissä.

Metsikön kokonaistilavuus ensiharvennusvaiheessa riippui voimakkaasti metsikön tiheydestä sekä ensiharvennuksen ajoituksesta. Puuston kokonaistilavuus 16 metrin valtapitusvaiheessa tiheydessä 3 000 kpl/ha oli noin kaksinkertainen (300 m³/ha) verrattuna tilavuuteen 12 metrin valtapitusvaiheessa. Ensiharvennuksen viivästäminen 12 metristä 16 metrin valtapitusvaiheeseen johti 70 % suurempaan ensiharvennuskertymään. Myös ensiharvennuksen voimakkuus ja harvennustapa vaikuttivat kertymän määrään. Aikainen ja lievä taimikonhoito (H_{dom} 3 m, 3 000 kpl/ha) johti 40 % suurempaan ensiharvennuskertymään kuin myöhäinen ja voimakas taimikonhoito (H_{dom} 7 m, 2 000 kpl/ha) (kuva 1).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että taimikonhoidon ajoitus ja voimakkuus vaikuttavat merkittävästi metsikön kehitykseen ja sitä kautta myös ensiharvennukseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin vain puuntuotosta, eikä siinä otettu huomioon laatunäkökohtia, kuten oksien paksuuskasvun kehityksen riippuvuutta taimikonhoidon ajoituksesta ja voimakkuudesta. Tutkimuksessa esitetyt mallit ovat käytökelpoisia apuvälineitä pohdittaessa käytännössä eri metsänkasvatusvaihtoehtoja nuorille kuivahkon kankaan männiköille.

■ MMM Saija Huuskonen, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos; MMT Jari Hynynen, Metla, Vantaan toimintayksikkö. Sähköposti saija.huuskonen@helsinki.fi

Matti Katila

Tärkeimpien metsämuuttujien keskivirheen estimaatteja monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin pienalueille

Seloste artikkelista: Katila, M. 2006. Empirical errors of small area estimates from the multisource National Forest Inventory in Eastern Finland. *Silva Fennica* 40(4): 729–742.

Metsävaratuloksia on laskettu vuodesta 1990 lähtien koko maassa yhdistämällä valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) maastomittauksia, satelliittikuvia ja karttatietoa. Monilähteinventointi (MVMI) tuottaa metsävarakartoja ja pienaluetuloksia halutun kokoisille alueille, esim. kunnille. Estimoinnissa käytetään k :n lähimmän naapurin (k -NN) menetelmää.

Tällä hetkellä MVMI:sta saadaan vain keskimääräinen virhearvio yksittäisen kuva-alkion ennusteelle eikä menetelmä tuota suoraan virhearvioita kuva-alkioille tai pienalueille. Tutkimuksessa verrattiin MVMI:n antamia puuston tilavuusestimaatteja VMI:sta riippumattomaan maastoaineistoon. Vuonna 2000 mitattiin Pohjois-Karjalassa ja Etelä-Savossa VMI9:n yhteydessä systemaattisella koealaotannalla seitsemän 100 km²:n ja kolme 1 km²:n suuruista testialuetta. Koealat olivat VMI9:n mukaisia relaskoopikoealoja. Isoilla testiruuduilla koealaväli oli 400 m × 300 m ja pienillä testiruuduilla 80 m × 75 m tai 100 m × 75 m. Tutkimuksen tavoitteena oli 1) saada käsitys operatiivisen MVMI:n luotettavuudesta kuntatasolla ja pienemmillä alueilla tärkeimpien metsämuuttujien osalta, 2) tarkastella MVMI:n menetelmäkehityksen estimointiin mahdollisesti tuomaa lisätarkkuutta ja 3) verrata MVMI-estimaattien tarkkuutta pelkkään VMI-koealatieton perustuviin pienalue-estimaatteihin. Tarkasteltavia muuttujia olivat puuston keski- ja kokonaistilavuus (m³/ha, m³) yhteensä ja puulajeittain metsä- ja kitumaalla sekä metsätaloukseen pinta-ala (metsä-, kitu- ja joutomaa).

MVMI:n aineistona olivat VMI9:n koealat vuosilta 1999 ja 2000, neljä Landsat 7 ETM+ satelliittikuvaa vuosilta 1999 ja 2000 sekä Maanmittauslaitoksen numeerinen karttatieto, jota käytettiin metsätalou-

maan erottamiseen muusta maasta ja k -NN-estimoinnin osittamiseen erikseen soille ja kivennäismaille. Testiruudut olivat vuoden 2000 VMI:n maastotöiden alueella, ja yksittäinen Landsat 7 ETM+ -kuva peitti noin 95 % ruutujen pinta-alasta.

MVMI:n eri variantteina testattiin erilaisia k :n naapurin määriä tasoittamaan kuva-alkiokohtaisia estimaatteja, kahta menetelmää karttatiedon ja maastotiedon välisten virheiden ja erojen korjaamiseksi pienalue-estimaateissa -kalibrointimenetelmä ja ositteittainen MVMI- sekä parannettua k -NN-estimointia ("improved k -NN", ik -NN, Tomppo ja Halme 2004). ik -NN:ssä luokituksessa käytettäviin piirteisiin lisätään alkuperäisten satelliittikuvan kanavien lisäksi niiden suhteet ja suuraluetason karttatieto estimoitavista muuttujista yleistettynä VMI:n mittausten lohkoittaisista keskiarvoista, $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$:n kuva-alkiokoossa. Kaikille piirteille määritellään painot optimoinnin tuloksena, missä minimoitava tavoitefunktio on kuva-alkiokohtaisten ennusteiden keskivirheiden ja harhojen lineaarikombinaatio.

Pelkkää VMI-koealatietao käyttäen laskettiin pienaluetulokset kolmella yksinkertaisella (synteettisellä) estimaattorilla: 1) käyttäen VMI:n metsäkeskuskittaisia tuloksia sen mukaan mihin metsäkeskukseen testialue osui; 2) laskemalla VMI-maastoinventoinnin tulos kullekin testiruudulle käyttäen vain koealajoukkoa 30 km :n säteellä kunkin testiruudun keskipisteestä; ja 3) laskemalla pienaluetulos suuralueen jälkiositetuista keskiarvoista painotettuna ruudulle osuneiden ositteiden osuudella. Ositukseen käytettiin $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$:n resoluution suuraluetason karttatietoa VMI8:sta, kustakin estimoitavasta muuttujasta.

Variaatiokertoimella mitattuna (empiirisen keskivirheen suhde muuttujan keskiarvoon vertailuruuduissa) ik -NN metodi antoi tarkimmat estimaatit keskitilavuudelle ja männyn ja kuusen keskitilavuudelle yli testiruutujen: suhteelliset keskineliövirheet (RMSE) olivat 5 %, 12 % ja 15 % 100 km^2 :n testiruuduille ja 13 %, 27 % ja 40 % 1 km^2 :n testiruuduille (tilavuus yhteensä, mänty ja kuusi). Koivun tilavuusestimaateille saatiin pienimmät variaatiokertoimet ositetulla k -NN estimoinnilla. Karttavirheen korjaus yhdistettynä k -NN tai ik -NN-estimointiin ei erityisesti tarkentanut tuloksia ja etenkin kalibrointi näyttäisi olevan herkkä poikkeamille suuralueen kartan ominaisuuksista. Testiruudut oli valittu keski-

määräistä metsäisemmiltä alueilta. Metsäkeskuksen VMI-estimaatit poikkesivat merkittävästi vertailutiedosta useassa tapauksessa, eikä niitä voi suositella käytettäväksi tämän kokoisten alueiden tulosten laskentaan. Suuralueen jälkiositetuihin keskiarvoihin perustuvan estimaattorin variaatiokertoimet olivat samaa suuruusluokkaa kuin perus-MVMI:ssa (k -NN) keskitilavuuden ja männyn ja kuusen keskitilavuuden osalta 100 km^2 :n testialueilla.

Variaatiokertoimen lisäksi arvioitiin miten suuren osan testiruutujen välisestä vaihtelusta eri estimaattorit selittivät laskemalla R^2 kertoimia. ik -NN:lle saatiin suurimmat kertoimet männyn ja kuusen keskitilavuuksille eri menetelmistä. Lisäksi kertoimet esitettiin kuntaryhmille ($1\,700$ – $2\,900 \text{ km}^2$) MVMI:lla lasketuille tuloksille vuoden 2000 inventointialueella. Tässä tapauksessa vertailutietona käytettiin maastokoealoista laskettuja VMI9:n tuloksia kuntaryhmille. Tulokset vahvistavat sen, että MVMI-estimaattien selitysvaivo pienalueille säilyy samana tai kasvaa pienalueen pinta-alan kasvaessa 1 km^2 :stä $2\,000 \text{ km}^2$:iin.

■ MMT Matti Katila, Metla, Helsingin toimipaikka. Sähköposti matti.katila@metla.fi

Lauri Korhonen, Kari T. Korhonen, Miina Rautiainen ja Pauline Stenberg

Latvuspeiton maastomittausmenetelmien vertailu

Seloste artikkelista: Korhonen, L., Korhonen, K. T., Rautiainen, M. & Stenberg, P. 2006. Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica* 40(4): 577–588.

Metsän latvuspeitto eli latvuspeittävyys (engl. canopy cover) määritellään prosentiosuutena, jonka latvuston pystysuora projektio peittää maan pinnasta. Latvuspeitto poikkeaa ns. latvussulkeumasta (engl. canopy closure), joka määritellään prosentiosuutena, jonka latvusto peittää taivaanpallosta

yksittäisestä pisteestä havaittuna. Sellaiset mittausmenetelmät, joissa yhdestä paikasta havainnoidaan pistettä laajempaa aluetta latvustosta, mittaavat siis latvuston sulkeumaa eivätkä pystysuoran projektion osuutta eli latvuspeittoa. Niinpä esimerkiksi digikameralla ylöspäin otetuista valokuvista ei voida harhattomasti estimoida latvuspeittoa, koska kuvan laidoilla latvukset ”kaatuvat” kuvan keskustaan päin, jolloin latvuspeittoestimaatista tulee yliarvio. On myös huomattava, että latvuspeittoa mitattaessa puuston pituudella ja latvusrajalla ei ole merkitystä lopputuloksen kannalta, kun taas latvussulkeuma on sitä suurempi, mitä pidempiä puut ovat ja mitä alempi on niiden latvusraja. Avauskulmallisia menetelmiä latvuspeiton estimointiin käytettäessä saatava teoreettinen yliarvio on myös sitä suurempi, mitä laajempaa avauskulmaa¹ käyttäen latvustoa mitataan. Latvuspeiton harhaton mittaus on siis aina tehtävä pystysuorassa suunnassa ilman avauskulmaa. Ns. perinteisen latvuspeiton mittauksessa latvuksen sisäisiä aukkoja ei huomioida, vaan latvusto nähdään yhtenäisenä, jatkuvana kokonaisuutena, jolla on tietty ulkoraja. Näin ollen latvuston sisäisellä tiheydellä ei ole tässä tutkimuksessa käsiteltävän perinteisen latvuspeiton kannalta merkitystä. Jos sisäiset aukot huomioidaan, kyseessä on ns. vaikuttava latvuspeitto (engl. effective canopy cover).

Kiinnostus latvuspeiton mittaamiseen on kasvanut latvuspeittoa hyödyntävien ekologisten ja kaukokartoitussovellusten lisääntyttyä. Myös kansainvälinen metsän määritelmä perustuu latvuspeittoon. Latvuspeiton mittaamiseen ei kuitenkaan ole löydetty nopeaa ja tarkkaa menetelmää. Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla erilaisia latvuspeiton maastomittausmenetelmiä eri tilanteisiin sopivimpien estimointimenetelmien löytämiseksi; erityishuomion kohteena oli VMI-käyttöön parhaiten soveltuvan menetelmän löytäminen. Aineistona käytettiin 19 Suomenjoella kesällä 2005 mitattua säteeltään 12,52-metristä ympyräkoelaa, jotka perustettiin havupuuvaltaisille kankailla. Aineisto sisälsi hyvin erityyppisiä metsiköitä vartuneista taimikoista aina järeisiin uudistuskypsiin metsiin.

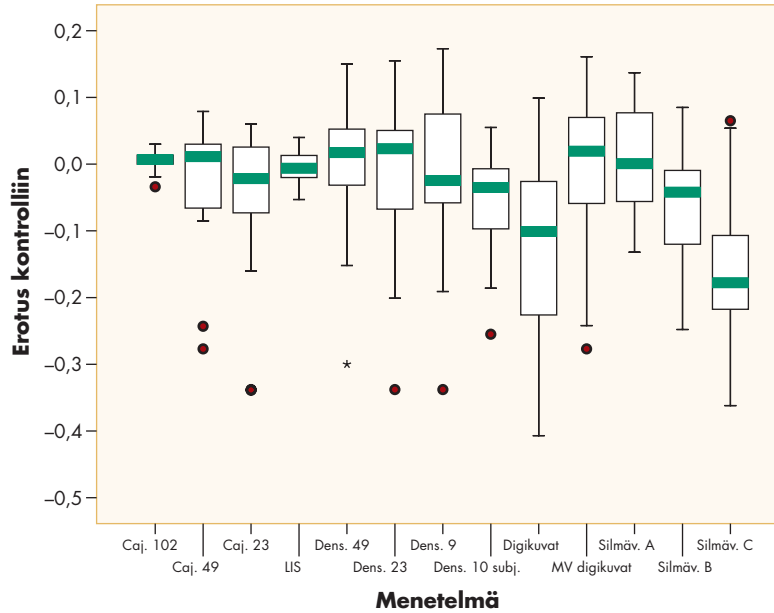
Koalojen latvuspeitto määritettiin useilla erityyppisillä menetelmillä ja toteutustavoilla. Kontrollimenetelmänä oli Cajanuksen putki, jolla mitattiin ympyräkoelaa sisältä 2,5 × 1 metrin pistehila, eli

yhteensä 195 pistettä. Tarvittavan pistetiheyden selvittämiseksi aineistosta poimittiin myös 102, 49 ja 23 pisteen otokset, jotka vastaavat joka toisen, neljännen ja kahdeksannen pisteen käyttöä. Cajanuksen putkea käytettiin myös LIS- eli linjaleikkausotannassa (engl. Line Intersect Sampling), jossa mitattiin prosenttiosuus jonka latvukset peittivät 2,5 metrin välein sijainneista linjoista. Systemaattista 49, 23 ja 9 otantaa käytettiin myös densiometrille (engl. spherical densiometer), jonka avauskulmaksi saatiin muunnoksen avulla n. 20 astetta. Lisäksi densiometrillä kokeiltiin subjektiivista mittausta, jossa mitattavaksi valittiin koealalta kymmenen ”edustavaa” pistettä. Avauskulmaltaan n. 55 asteen digikameraa kokeiltiin ottamalla koealalta viisi kuvaa, keskustasta ja päähän suunnasta 8,5 metrin päästä. Kuvat binarisoitiin siten että latvuspikselit näkyivät mustina ja taivas valkeana, jolloin estimaatti voitiin määrittää mustien pikselien osuutena koko kuvan pikselimäärästä. Jotta kuvatulkinna vastaisi paremmin perinteistä latvuspeiton määritelmää vaikuttavan latvuspeiton sijaan, vaihtoehtoisena käsittelynä latvusten sisäiset aukot mustattiin kuvankäsittelyohjelman avulla. Latvuspeiton silmävaraista arviointia testattiin kolmen havaitsijan voimin. Havaitsija A oli koealojen mittaaja, joka arvioi koealan latvuspeiton ennen mittausta ja saattoi näin oppia työn aikana. Havaitsijat B ja C olivat kokeneita metsäammattilaisia, jotka olivat aiemmin tehneet samantyyppistä arviointia. Heille palaute arvioinnin onnistumisesta annettiin vasta kun kaikki koealat oli käyty läpi, joten oppimismahdollisuutta ei ollut.

Tulosten analyysissä tutkittiin eri tavoilla saatujen koealakohtaisten tulosten erotuksia kontrollimenetelmään (Cajanuksen putki, 195 pistettä) nähden. Erotusten keskiarvo ja mediaani kuvasivat menetelmän tai toteutustavan harhaisuutta, sekä keskihajonta ja kvartiiliväli täsmällisyyttä. Tarkan menetelmän oli oltava sekä harhaton että täsmällinen. Yleiskuvan menetelmien välisistä eroista saa boxplot-kuvaa (kuva 1) tarkastelemalla. Menetelmien välisten erojen merkitysvyyden testaus tehtiin käyttäen epäparametrista Kruskal-Wallis-varianssianalyysiä ja monivertailuja.

Tilastollisesti merkitsevästi ($\alpha=0,05$) kontrollimenetelmästä (Cajanuksen putki) poikkesivat havaitsijoiden B ja C silmävaraiset arviot, mustaamattomat digikuvat ja subjektiivinen kymmenen

¹ Avauskulma kertoo, kuinka suurta taivaankannen osaa havaitaan yhteensä, ts. avauskulma = zenitiikulma × 2.



Kuva 1. Boxplot-kuva eri menetelmien erotuksista kontrollimenetelmään. Huom. Negatiivinen erotus tarkoittaa aliarviota.

pisteen densiometrimitaus, jotka kaikki aliarvioivat latvuspeittoa. Yksikään menetelmä ei avauskulman käytöstä huolimatta merkittävästi yliarvioinut latvuspeittoa, joskin avauskulmallisista menetelmistä systemaattinen densiometrimitaus ja mustatut digikuvat tuottivat huomattavan usein pieniä yliarvioita. Subjekttiivisen densiometrimitauksen aliarvio johtui todennäköisesti siitä, että heterogeenisessä metsikössä mittapistet sijoitettiin helpommin avoimille paikoille kuin tiheikköihin. Digikameraa käytettäessä kuvia on otettava enemmän kuin viisi hajonnan pienentämiseksi, ja latvukset on ehdottomasti mustattava, sillä mustaamattomilta kuvilta saadut estimaatit olivat latvusten sisäisten aukkojen vaikutuksesta selviä aliarvioita. Silmävarainen arviointi on huomattavan altis aliarvioille, mutta kokemuksen avulla ainakin arvioinnin harhaa saadaan pienennettyä, sillä A:n tulokset olivat keskimäärin lähempänä oikeita arvoja kuin B:n ja C:n. Tarkkuudeltaan lähimpänä kontrollimitausta olivat odotetusti LIS-menetelmä ja 102 pisteen Cajanuksen putki -mittaus.

Tulosten perusteella latvuspeiton mittaamiseen kannattaa käyttää Cajanuksen putkea riittävän ti-

heällä piste- tai LIS-otannalla, jos käytettävissä on riittävästi aikaa ja halutaan tarkkoja tuloksia. Yksin työskennellessä tämäntyyppisen hilan mittaamiseen on kuitenkin varattava aikaa yli tunti. Keskinopeat, noin viisi minuuttia per koela vievät menetelmät, kuten muutaman pisteen digikamera- ja densiometrimitaukset, osoittautuivat varsin epätarkkoiksi. Jos arviointi on tehtävä nopeasti, on siis edelleen käytettävä silmävaraista arviointia, joka kuitenkin vaatii huolellista arvioijien koulutusta ja tulosten tarkkuuden seuranta. Nopeaa ja tarkkaa latvuspeiton maastomittausmenetelmää ei siis tässä tutkimuksessa kiistattomasti löytynyt. Tulevaisuudessa latvuspeiton estimointi siirtyneekin joko puustotunnuksiin perustuvien regressiomallien tai kaukokartoituksen avulla tehtäväksi.

■ MMM Lauri Korhonen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta; MMT Kari T. Korhonen, Metla, Joensuun toimintayksikkö; MMT Miina Rautiainen, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos; MMT Pauline Stenberg, SNS. Sähköposti lauri.korhonen@joensuu.fi

Simo Kyllönen, Alfred Colpaert, Hannu Heikkinen, Mikko Jokinen, Jouko Kumpula, Mika Marttunen, Kari Muje ja Kaisa Raitio

Konfliktien hallinta tärkeä edellytys luonnonvarojen kestäväälle käytölle

Seloste artikkelista: Kyllönen, S., Colpaert, A., Heikkinen, H., Jokinen, M., Kumpula, J., Marttunen, M., Muje, K. & Raitio, K. 2006. Conflict management as a means to the sustainable use of natural resources. *Silva Fennica* 40(4): 687–728.

Demokraattisessa yhteiskunnassa, joka kunnioittaa ihmisten erilaisia näkemyksiä ja arvoja, kiistat ovat arkipäivää. Tämä koskee myös luonnonvarojen käyttöä, jossa toimijoilla on ristiriitaisia näkemyksiä niiden kestävästä käytöstä. Usein näkemuserot johtavat kiistoihin ja pahimmillaan avoimeen konfliktiin. Tästä syystä kiistojen ja konfliktien hallinta tulee nähdä luonnonvarojen kestävä käytön oleellisena osatekijänä.

Artikkelissa esitellään erilaisia luonnonvarojen käyttöön liittyviä kiistoja Suomessa. Kiistat koskevat poronhoidon ja muiden maankäyttömuotojen välisiä kiistoja Pohjois-Suomessa, sisävesikalastusta sekä vesistön säännöstelyä Keski-Suomessa. Kiistat ja tutkimustulokset on valittu Suomen Akatemian ”Sustainable Use of Renewable Natural Resources”-tutkimusohjelman osahankkeista.

Hankkeiden aineisto koostuu pääosin eri käyttäjien haastatteluista sekä luonnonvaran käytön havainnoinnista. Oulun yliopiston LUIAS-hankkeessa seurattiin erilaisten maankäyttömuotojen vaikutuksia poronhoitoon GPS-satelliittipaikannuksella. Jyväskylän yliopiston INSURE-hankkeessa Suomen sisävesien kaupallisen kalastuksen kestävyttä tutkittiin pitkän aikajakson saalisdatan avulla. Mallan luonnonpuistoa koskevassa METLA:n tutkimuksessa käytettiin osallistuvaa havainnointia ja puolistrukturoituja haastatteluja, joita täydennettiin internetpohjaisella Delphi-paneelilla. Joensuun yliopiston metsien monikäyttöä koskevassa LINK-FOREST-projektissa käytettiin teemahaastattelujen

lisäksi kirjallista aineistoa, joka koostui mm. lainsäädännöstä valmisteluineen ja Metsähallituksen ja ministeriöiden suunnitteluasiakirjoista. Suomen ympäristökeskuksen Päijänteen vesistön säännöstelyä koskeva PRIMEREG-tutkimus puolestaan hyödynsi monitavoitteisen päätösanalyysin menetelmiä.

Artikkelissa kiistoja analysoidaan konfliktitutkimuksen teorioiden avulla. Helsingin yliopiston ”Metsien kestävä käyttö”-hankkeen pohjalta kehitetty artikkelin viitekehys yhdistää strategisen yhteistoiminnan (s.o. erilaiset sosiaalisen toiminnan dilemmat) ja kehysanalyysin teorioita ja jaottee näiden pohjalta eritasoisia kiistoja: 1) tietoa koskevat *erimielisyydet*; 2) erilaisten tulkintakehysten synnyttämät *poliittiset kiistat*; sekä 3) *konfliktit*, jossa osapuolten välillä vallitsee edellisten lisäksi syvä epäluottamus (ks. kuva 1).

Kiistan eri tasoja ongelmiseen havainnollistetaan artikkelin empiiristen tapaustutkimusten avulla. Oulun yliopiston LUIAS-hanke osoittaa, kuinka useiden käyttäjien samaan luonnonvaraan kohdistuva käyttö vaatii kattavaa tietoa erilaisten käyttötapojen monimutkaisesta vuorovaikutuksesta. Tällaisen tiedon hankintaan liittyviä ongelmia kuvataan artikkelissa tieto-ongelmina, jotka vaikeuttavat kestävä käytön suunnittelua useiden käyttäjien kesken.

Tieto-ongelmien poistamiseksi esitetään usein ratkaisuksi organisoida luonnonvaran käyttö pai-



Kuva 1. Kiistoista konflikteihin. Artikkelin viitekehys yhdistää erilaisia konfliktitutkimuksen teorioita.

kallisten ja suurempien hallinnollisten yksiköiden yhteistyönä. Tähän liittyviä ongelmia kuvataan artikkelissa INSURE-hankkeen sisävesikalastusta koskevalla tutkimuksella. Tutkimus paljastaa, miten helposti eri käyttäjät ja hallinnolliset yksiköt tulkitsevat eri tavoin luonnonvaroja koskevaa tietoa.

Konfliktitutkimuksessa onkin usein keskitytty käyttäjien ja kiistan osapuolten tulkintakehyksiin, joiden perusteella he valitsevat olennaisimman tiedon ja pyrkivät puolustamaan sitä muiden tulkintoja vastaan. Tällöin erimielisyydestä on siirrytty poliittiseen kiistaan.

Erilaisten tulkintakehysten syntymistä ja vaikutusta kiistan eskaloitumiseen kuvataan valtion metsiä koskevilla kiistoilla, joita on tutkittu LINK-FOREST-projektissa. Tutkimuskohteena oli Suomen valtion metsien hallinnoinnista vastaavien organisaatioiden (Metsähallitus, maa- ja metsätalous- sekä ympäristöministeriö) toiminta ja puhuvat sekä valtion metsien käyttöä ja päätöksentekoa ohjaavat normistot. Metsäkiistojen analysointi osoittaa, miten erilaiset tulkinnat kiistan luonteesta vaikuttavat siihen, millaisia ratkaisuja pidetään mahdollisina. Tutkimus painottaa, että erityisesti hallinnon tulkinta kiistan luonteesta on ratkaiseva. Yksipuolinen tulkinta voi johtaa ratkaisun sijaan kiistan kärjistymiseen avoimeksi konfliktiksi, jossa osapuolet, myös hallinto ja tutkimus, ovat menettäneet toistensa luottamuksen. Tällaista tilannetta artikkelissa kuvaa Mallan luonnonpuistoa koskeva konflikti.

Konfliktien sovittelua kuvataan artikkelissa käyttäen esimerkkinä Päijänteen säännöstelyn monitoivoitteista kehittämistä koskevaa suunnitteluprosessia. Tämä tapaus nostaa esiin monta elementtiä, joita artikkeli päätelmiseen painottaa, kuten: 1) prosessin on kyettävä käsittelemään osapuolten hyväksymällä tavalla tieto-ongelmia ja tulkintakehyksiin liittyviä kiistoja; 2) prosessin on sisällettävä ala-prosesseja, joilla luodaan luottamusta osapuolten välille; 3) kiistan hallintaan tarvitaan usein avuksi neutraali osapuoli, jolla on selkeä osapuolten tunnustama ja hyväksymä rooli; 4) osapuolilla täytyy olla tarjolla vaihtoehtoisia tapoja hakea ratkaisua, mikäli prosessi osoittautuu epätydyttäväksi. Näin kannustetaan osapuolia pysymään mukana kiistansovittelussa ja hakemaan kaikkia tyydyttävää ratkaisua.

■ FM Simo Kyllönen, Helsingin yliopisto, käytännöllisen filosofian laitos; prof. Alfred Colpaert, Joensuun yliopisto, maantieteen laitos; FT Hannu Heikkinen, Oulun yliopisto, Taida; MMM Mikko Jokinen, Metla, Kolarin toimintayksikkö; FT Jouko Kumpula, RKTL, porontutkimusasema; DI Mika Marttunen, Suomen ympäristökeskus; FM Kari Muje, Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos; MMM Kaisa Raitio, Joensuun yliopisto, yhteiskuntapolitiikan laitos. Sähköposti simo.kyllonen@helsinki.fi

Jouni Siipilehto

Lineaarinen ennustin kuusikon puustotunnusten kalibroinnissa

Seloste artikkelista: Siipilehto, J. 2006. Linear prediction application for modelling the relationships between a large number of stand characteristics of Norway spruce stands. *Silva Fennica* 40(3): 517–530.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa malliperhe kuusikoiden puustotunnuksille, kun osa puustotunnuksista tunnetaan ja osa joudutaan ennustamaan. Malliperheen puustotunnuksiin sisältyi puuston pohjapinta-ala, runkoluku, aritmeettinen keskiläpimitta ja -pituus, pohjapinta-alapainotteinen mediaaniläpimitta ja -pituus sekä valtaläpimitta ja -pituus. Tutkimusaineisto käsitti 227 valtakunnan metsien inventoinnin verkostoon perustettua pysyvää INKA- ja TINKA-koemetsikköä. Kustakin metsiköstä oli mitattu n. 100–120 puuta, joista tarkasteltavat puustotunnukset laskettiin.

Kullekin puustotunnukselle laadittiin regressiomalli puuston biologisen keski-ian, puuston syntytavan ja kasvupaikkatunnusten (lämpösomma, metsätyppi, kivisyys, soistuneisuus) funktiona. Summatunnuksissa (runkoluku ja pohjapinta-ala) oli selittävänä muuttujana myös kuusen osuus kuvion koko puustosta, jolloin sekametsikön pienikin kuusen osuus pystyttiin ennustamaan kohtuullisella tarkkuudella. Puustotunnusten regressiomallit olivat tulomuotoisia, ja ne linearisoitiin logaritminmuunnoksen avulla. Regressiomallit estimoitiin yhtäaikaaisesti, jolloin mallien väliset kovarianssit voitiin hyödyntää tehokkaasti estimoinnissa (SUR-malli).

Lisäksi SUR-malli tuotti mallien virheiden välisen varianssi-kovarianssimatriisin.

Käytännössä kuviolta tunnetaan aina joitakin puustotunnuksia, joita voidaan hyödyntää tuntemattomien puustotunnusten ennusteiden kalibroimiseksi lineaarisen ennustamisen teorian avulla. Malliperhe voidaan kalibroida mitattujen puustotunnusten ja niiden odotusarvojen erotuksien ja mallin varianssi-kovarianssimatriisin avulla laskemalla tuntemattomille puustotunnuksille paras lineaarinen harhaton ennustin (BLUP). Menetelmän etuna on sen riippumattomuus inventointijärjestelmästä, koska mitatut puustotunnukset voivat olla mitä tahansa tarkastelluista puustotunnuksista.

Malliperheen odotusarvot pystyivät kuvaamaan puustotunnusten keskimääräisen, metsikön iänmukaisen kehityksen ja puustotunnukset olivat keskenään loogisia. Kuitenkin niiden keskivirheet olivat aika suuria, varsinkin summatunnusten kohdalla (34–41 %). Voimakkaat korrelaatiot mitattujen ja tuntemattomien puustotunnusten virheiden välillä tekevät kalibroinnista tehokkaan. Mallitettujen keskitunnusten virheiden väliset korrelaatiokertoimet olivat varsin korkeita (0,6–0,9). Summatunnusten ja keskitunnusten välillä korrelaatiot olivat selvästi pienempiä ($r=0,2-0,6$), samoin runkoluvun ja pohjapinta-alan välillä ($r=0,4$). Malliperheen soveltamista tarkasteltiin kalibroimalla aritmeettisillä tunnuksilla pohjapinta-alaa ja sillä painotettuja keskitunnuksia ja taas päinvastoin. Summatunnusten kalibrointi ei ollut tehokasta, jos vain yksi puustotunnus tunnettiin. Kun kalibrointi tehtiin kahdella puustotunnuksella (summatunnus ja keskitunnus), niin kaikki tuntemattomat puustotunnukset tarkentuivat varsin tehokkaasti eikä lisätunnuksista ollut enää merkittävää hyötyä.

Malliperheen kalibroimattomat odotusarvot ovat hyödyllisiä keskimääräisen puuston kuvaamiseksi tilanteessa, jossa puustosta ei iän lisäksi ole muuta tietoa. Kuitenkin odotusarvojen keskivirheet voitiin puolittaa kalibroinnin avulla jo kahden mitatun puustotunnuksen avulla. Kuuselle laadittu kalibroituva malliperhe sekä vastaavat malliperheet männylle ja koivulle on sisällytetty MOTTI-simulaattoriin puustotunnusten täydentämiseksi.

■ MMT Jouni Siipilehto, Metla, Vantaan toimintayksikkö. Sähköposti jouni.siipilehto@metla.fi

Jouni Siipilehto

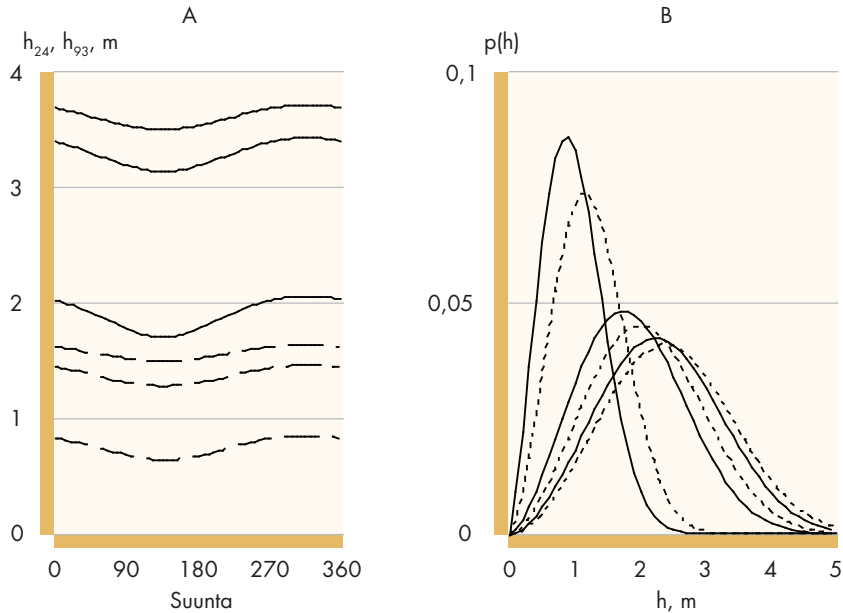
Pituusjakaumat säästöpuiden ja reunametsän kilpailun vaikutuksen alaisissa mäntytaimikoissa

Seloste artikkelista: Siipilehto, J. 2006. Height distributions of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica* 40(3): 473–486.

Tutkimuksessa tarkasteltiin yksittäisten säästöpuiden ja reunametsän puiden vaikutusta mäntytaimikoiden pituusrakenteeseen. Kummankin osatutkimuksen aineistot sisälsivät kymmenen taimikkoa Etelä-Suomessa. Säästöpuutaimikoissa 2 m:n säteiset koealat sijoitettiin 1, 3, 6 ja 10 m:n etäisyydelle systemaattisesti valituista kymmenestä mäntysäästöpuusta vuorotellen pohjois-etelä- ja itä-länsisuuntaan. Reunametsätutkimuksessa taimikkokoealat sijoitettiin mäntyvaltaisen varttuneen metsän reunaan 20 × 20 m:n ruuduille. Varttuneen reunametsän puut kartoitettiin ja mitattiin 10 × 40 m:n koealalta, josta 40 m oli metsän reunaa. Jakaumamallitusta varten samalla etäisyydellä säästöpuista tai reunametsästä sijanneita pieniä koealoja yhdistettiin havaintomäärän kartuttamiseksi.

Taimikon pituusjakaumat kuvattiin Weibull-jakaumalla. Jakauman kaksi parametria mallitettiin 24 %:n ja 93 %:n kertymää vastaavien pituuksien (h_{24} ja h_{93}) avulla prosenttiosuusestimointina. Taimikon kehitysvaihetta kuvattiin valtapituudella, joka saatiin ilman kilpailua kasvaneista valtapuista riittävällä etäisyydellä säästöpuista ja reunametsästä. Puiden kilpailuindeksiin (arvoalue 0–1) vaikutti sekä puiden sijainti että niiden koko. Säästöpuutaimikoissa prosenttiosuusmallit sisälsivät selittävinä muuttujina taimikon valtapituuden lisäksi kilpailuindeksin ja mäntytaimikon suhteellisen tiheyden. Reunametsämalleissa oli em. selittävien muuttujien lisäksi etäisyys ja suunta reunasta sekä reunametsän valtapituus.

Yksittäisten säästöpuiden kilpailu vaikutti taimien pituuskehitykseen n. 6 m:n säteellä, kun taas reunametsän vaikutusalue ulottui noin puoleen reunametsän valtapituudesta eli 8–13 m:n päähän. Taimikon pohjoisreuna oli edullisempi taimien



Kuva 1. Esimerkki reunametsän suunnan ja etäisyyden (3,6 ja 9 m) vaikutuksesta 24 %:n (---) ja 93 %:n (—) kertymää vastaavaan pituuteen (kuva A) sekä pituusjakaumat vastaavilla etäisyyksillä kaakkoisreunalla (—) sekä luoteisreunalla (- - -) (kuva B). Taimikon valtipituus oli 4 m ja reunametsän valtipituus 20 m.

kehityksen kannalta kuin varjostavampi eteläreuna. Lisäksi näytti siltä, että aamuaurion puoli oli edullisempi kuin ilta-aurion puoli, koska vähäisin reunavaikutus havaittiin luoteisreunalla ja vastaavasti kaakkoisreunalla pituuskehitys taantui eniten (kuva 1). Taimikoiden keski- ja valtipituudet putosivat lähes puoleen kilpailuindeksiin kasvaessa 0:sta 0,9:ään kookkaan säästöpuun läheisyydessä. Samansuuruinen muutos ko. pituustunnuksissa havaittiin siirryttäessä 9 m:n etäisyydeltä (yksittäisen puun kilpailuvaikutuksen ulkopuolelta) 3 m:n etäisyydelle reunametsästä, jonka valtipituus oli 20 m.

Männyn pituusjakaumat ilman säästöpuiden tai reunametsän kilpailuvaikutusta olivat melko symmetrisiä, mutta lisääntyvä kilpailu aiheutti jakauman huipukkuuden ja vinouden lisääntymistä (kuva 1B).

Huomattavan suuri taimikoiden sisäinen tiheysvaihtelu vaikutti osaltaan pituusjakauman muotoon. Taimikon tihentyessä jakauman huippu siirtyi vasemmalle eli keskipituus pieneni. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu säästöpuiden tai reunametsän vaikuttavan mäntytaimikon tiheyteen. Kolmogorovin-Smirnovin testitulokset osoittivat varsin hyvää jakaumien yhteensopivuutta – vain 2 % sovitetuista ja 8 % ennustetuista jakaumista eivät olleet yhteensopivia havaitun jakauman kanssa 10 %:n riskitasolla.

■ MMT Jouni Siipilehto, Metla, Vantaan toimintayksikkö. Sähköposti jouni.siipilehto@metla.fi