

Menestystä metsistä - mahdollisuudet ja rajat

Metsätieteen päivä 2017



Tämän tiivistelmäkirjan käyttö on sallittu Creative Commons -lisenssin [CC BY-SA 4.0](#) mukaan
Use of this book of abstracts is allowed according to the [CC BY-SA 4.0](#) licence

Kannen kuva / Cover photograph: Pekka Nygren

Metsätieteen päivä 24.10.2017

Menestystä metsistä – mahdollisuudet ja rajat



Ohjelma

- 8.15–9.00 Ilmoittautuminen ja aamukahvi (ala-aula ja 2. kerroksen kabinetti)
9.00–9.05 Metsätieteen päivän avaus, *Suomen Metsätieteellisen Seuran varapuheenjohtaja Miina Rautiainen*

Kutsuesitelmät 9.05–12.15 (Sali 104, 1. kerros)

- 9.05–9.35 Kaasujen vaihtoa ja kansainvälisiä neuvotteluja - metsien merkitys ilmastonmuutoksen edetessä, *johtava tutkija Raisa Mäkipää, Luonnonvarakeskus*
9.35–10.05 Metsäluonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden yhteensovittaminen puuntuotannon kanssa biotalouden aikakaudella, *professori Mikko Mönkkönen, Jyväskylän yliopisto*
10.05–10.35 Kahvitauko (2. kerroksen kabinetti)
10.35–11.05 Puuraaka-aineen laatu Suomen metsäteollisuuden kilpailukykytekijänä, *professori Henrik Heräjärvi, Itä-Suomen yliopisto*
11.05–11.35 Metsäbiotalouden vastuullisuus tutkimuskohteena - eilen, tänään ja ylihuomenna, *professori Anne Toppinen, Helsingin yliopisto*
11.35–12.15 Yleiskeskustelu

12.15– 3.45 Lounastauko

- 13.00–13.45 Vain iltapäivään osallistuvien ilmoittautuminen

Iltapäivän rinnakkaisessiot (Salit ilmoitetaan myöhemmin)

- 13.45–14.45 Suomen Metsätieteellisen Seuran tieteenal klubien järjestämät rinnakkaisessiot
14.45–15.15 Kahvitauko
15.15–16.30 Klubien järjestämät rinnakkaisessiot jatkuvat

Rinnakkaisessioiden aiheet

- Metsäbiologian kerho: Metsät muuttuvassa ilmastossa – vaikutukset ekosysteemiin ja metsänhoitoon
Metsäekonomistiklubi: Näköaloja metsäsektorin tulevaisuuteen
Metsänhoitoklubi: Biologian, teknologian ja talouden yhteensovittaminen puuntuotannossa
Metsäteknologiklubi: Menestystä metsäteknologiasta
Taksaattoriklubi: Menestystä metsistä – taksaattorien menetelmät
Erityissessio: Metsän ja yhteiskunnan välissä – Metsäntutkimuslaitoksen historia

16.45–17.30 Iltatilaisuus (Sali 104, 1. kerros)

- Sähköisen Metsätieteen aikakauskirjan esittely
- Metlan historiateoksen esittely
- Seuran huomionosoitusten jako

17.30–20.00 Buffetti (2. kerroksen kabinetti)

Vapaata keskustelua metsätieteellisistä kysymyksistä



METSÄMIESTEN SÄÄTIÖ

Ihminen ja metsä

Metsätieteen päivä järjestetään Metsämiesten säätiön tuella.

Metsät muuttuvassa ilmastossa – vaikutukset ekosysteemiin ja metsänhoitoon

- 13.45–14.45 Forest disturbances under climate change - Global perspective, *Mikko Peltoniemi*
Influence of storm and bark beetle disturbance on carbon dynamics in boreal Norway spruce stands, *Maiju Kosunen, Mike Starr, Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa, Minna Blomqvist, Jaana Turunen, Tuula Kantola, Helsingin yliopisto*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–16.30 Ilmastonmuutoksen ja metsänkäsittelyn vaikutus metsän kasvuun ja hiilen kiertoon - mallien ennusteita ja epävarmuuksia, *Annikki Mäkelä, Helsingin yliopisto*
Kasvilajien valovaatimukset ja reagointi hakkuisiin, *Tiina Tonteri, Maija Salemaa, Pasi Rautio, Ville Hallikainen, Leila Korpela, Päivi Merilä, Luonnonvarakeskus*

Näköaloja metsäsektorin tulevaisuuteen

- 13.45–14.45 Power and Politics of tropical deforestation: a political economy perspective, *Maria Brockhaus, Helsingin yliopisto ja Grace Wong, Stockholm Resilience Centre*
Asiakasarvon ja palveluiden keskeinen merkitys metsäsektorilla, *Marja Toivonen, Helsingin yliopisto*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–16.30 Diversification of the forest-based sector: Role of new products, *Elias Hurmekoski, European Forest Institute*
Suomen metsäsektorin lyhyen ja pitkän aikavälin skenaariot, *Jani Laturi, Luonnonvarakeskus*

Biologian, teknologian ja talouden yhteensovittaminen puuntuotannossa

- 13.45–14.45 Metsätuhojen muuttuvat riskit, *Erkki Annala*
Taloudellinen optimointimalli yhden tai usean puulajin tasa- ja eri-ikäisrakenteisille puustoille, *Olli Tahvonen, Janne Rämö, Aino Assmuth ja Vesa-Pekka Parkatti, Helsingin yliopisto*
Hoitamattako hyvää – metsänhoidon vaikutus puuntuotantoon skenaariotarkasteluna, *Saija Huuskonen, Anssi Abtikoski, Soili Kojola, Mika Lehtonen, Hannu Salminen ja Jari Hynynen, Luonnonvarakeskus*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–16.30 Metsänvilelytöiden organisoinnin käytännön pullonkaulat, *Juho Rantala, Metsä Group*
Metsänhoidon ekologinen kädenjälki, *Pekka Kauppi, Helsingin yliopisto*
Puuntuottajan näkökulma, *Matti Kärkkäinen*
Loppukeskustelu

Menestystä metsäteknologiasta

- 13.45–14.45 Miten metsäteknologia on rakentanut Suomen menestystarinaa?, *Arto Rummukainen, Luonnonvarakeskus*
Improving Satisfaction in Wood Harvesting Services: Using the Triad Perspective to Tailor Business Practices to Industrial Context, *Emanuel Erlandsson, Gun Lidestav, Urban Bergsten, Sveriges Lantbruksuniversitet and Dag Fjeld, Norsk Institutt for Bioøkonomi*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–16.30 Possibilities to exploit Big data –applications in balancing seasonal variation of forest work, *Jori Unsitalo, Jari Ala-Ilomäki, Matti Siren, Harri Lindeman, Kari Väätäinen, Luonnonvarakeskus*
Modeling harvester's productivity applying statistical machine learning methods to standard machine monitoring data, *Paula Jylhä, Pekka Jounela, Markku Koistinen, Luonnonvarakeskus*

Menestystä metsistä – taksattorien menetelmät

- 13.45–14.45 Metsien käytön mahdollisuudet ja rajat, *Olli Salminen, Luonnonvarakeskus*
Hakkuukoneen tuottaman runkoprofiilitiedon hyödyntäminen tilavuus- ja runkokäyrämallien monitoroinnissa, *Asko Poikela, Kirsi Riekkö, Juba-Antti Sorsa, Timo Melkas, Metsäteho oy*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–16.30 Näkökulmia metsätiedon keruuseen, *Reijo Mykkänen, Bitcomp oy*
Virtuaalimetsän anatomia, *Veikko Miettinen, Joensuun tiedepuisto*
Boreaalisten metsien spektritietokanta, *Aarne Hovi¹, Pekka Raitio¹, Petri Forsström¹, Matti Möttö², Miina Rautiainen¹; ¹Aalto-yliopisto, ²VTT*

Erityissessio: Metsän ja yhteiskunnan välissä – Metsäntutkimuslaitoksen historia

- 13.45–13.50 Tilaisuuden avaus, *kansainvälisten asiain päällikkö Erkki Kauhanen, Luonnonvarakeskus*
- 13.05–14.05 Metsästä yhteiskuntaan, Metsäntutkimuslaitos 1917–2012, historiateoksen esittely, *dosentti Jaana Laine, Helsingin yliopisto*
- 14.05–14.25 Nuori radikaali hahmottelee metsätieteellistä tutkimuslaitosta Suomen suuriruhtinaskunnalle, *professori emeritus Matti Leikola*
- 14.25–14.45 Metsien taloudellisen käytön tutkimus edistyvän puuntuotannon metsäpolitiikan tukena, *professori emeritus Pekka Ollonqvist*
- 14.45–15.15 Kahvitauko
- 15.15–15.35 Puuntuotostutkimuksen tavoite: ”Paljon järeää ja arvokasta mahdollisimman nopeasti”, *professori emeritus Kari Mielikäinen*
- 15.35–15.55 Pyydetty kommenttipuheenvuoro, *metsäjohtaja Juba Hakkarainen, MTK ja apulaisosastopäällikkö Liisa Saarenmaa, Maa- ja metsätalousministeriö*
- 15.55–16.30 Keskustelu ja yhteenveto, *Erkki Kauhanen*

Kaasujen vaihtoa ja kansainvälisiä neuvotteluja - Metsien merkitys ilmastomuutoksen edetessä

Raisa Mäkipää

Luonnonvarakeskus, Helsinki

raisa.makipaa@luke.fi

Kansainvälisissä ilmastopimusneuvotteluissa on sovittu kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteista. Pariisin ilmastoneuvotteluissa sovittiin globaalisti tavoitteeksi vähentää päästöjä niin että maapallon keskilämpötilan kasvu jää selvästi alle kahden asteen verrattuna teollistumista edeltävään keskilämpötilaan. Suurempi lämpötilan nousu aiheuttaisi vakavia riskejä ekosysteemien toiminnalle ja yhteiskuntien sopeutumiskyvylle. Tavoitteen saavuttamiseksi päästöjen ja nielujen tulisi olla tasapainossa parin vuosikymmenen kuluessa, ja vuosisadan loppuun mennessä on tavoiteltava jopa negatiivisia päästöjä. EU on sitoutunut vähentämään päästöjään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja tämä tavoite on jaettu jäsenmaiden toteutettavaksi. Suomen tavoitteena on vähentää päästökauppasektorin ulkopuolisia päästöjä 39 %. Lisäksi EU:ssa neuvotellaan maakohtaisista hiilinielutavoitteista. Suomessa hallitus on asettanut tavoitteeksi hiilineutraliuden vuoteen 2045 mennessä – siis tavoitteena on että hiilinielut sitoisivat Suomen kaikki päästöt vuonna 2045 ja sen jälkeen kehitys etenisi negatiivisiin päästöihin.

Vuonna 2015 metsien hiilinielu satoi 40 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Puuston hiilinielun eli puuston hiilivaraston muutoksen vuosittainen vaihtelu seuraa hakkuumäärien vaihtelua. Jos hakkuut lisääntyvät, puuston hiilivarasto pienenee. Suomen metsien hiilinielu on ollut suurimmillaan vuonna 2009 kun puun kysyntä ja hakkuumäärät olivat teollisuuden ongelmien vuoksi pienimmillään. Pidemmällä aikavälillä puuston hiilivaraston ja hiilinielun kokoon vaikuttavat myös puuston kasvua lisäävät metsänhoitotoimet sekä ympäristömuutokset (kuten tyyppilaskeuma ja ilmaston lämpeneminen). Metsien kasvu ja hakkuiden määrä vaikuttavat myös metsään jäävän kuolleen puun hiilivarastoon sekä puusta valmistettujen tuotteiden hiilivarastoon.

Puuston ohella metsien hiilinielun kokoon vaikuttavat maaperän päästöt ja nielut. Maaperä voi olla päästölähde vaikka puusto toimisi hiilinieluna, joten metsien hiilinielun kehitystä ei voi arvioida pelkästään puuston kasvun ja poistuman perusteella. Ojitettujen suometsien hajoava turvekerros on huomattava kasvihuonekaasupäästöjen lähde. Jos suometsien maaperä ei aiheuttaisi kasvihuonekaasupäästöjä, Suomen metsien hiilinielu olisi noin neljänneksen nykyistä suurempi. Turvemaiden päästöjä voidaan vähentää kehittämällä nykyistä kestävämpiä metsänhoitomenetelmiä. Käynnissä olevissa tutkimuksissa testataan jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta, joka turvaa taloudellisesti kannattavan puuntuotannon ja vähentää mahdollisesti sekä kasvihuonekaasupäästöjä että vesistökuormitusta. Kehittämällä metsänhoitomenetelmiä, jotka vähentävät turvemaiden päästöjä tai kasvattavat maaperän ja kuolleen puuston hiilivarastoa, voidaan aikaansaada hiilinieluja, jotka säilyvät puun kysynnän ja hakkuumäärien vaihtelusta riippumatta.

EU:ssa on neuvoteltu maakohtaisista hiilinielutavoitteista, ja oikeudenmukaisen, taloudellisesti tasapuolisen ratkaisun löytäminen on ollut haasteellista. Syyskuussa 2017 EU:n parlamentti hylkäsi komission valmisteleman ja ympäristölautakunnan hyväksymän esityksen, jonka mukaan hiilinielutavoitteet olisi asetettu metsien aiemmin toteutuneen käytön intensiteetin perusteella. Jos jäsenmaiden metsien hiilinieluille asetetaan tavoitetasot ja hiilinielun jääminen tavoitetasoa pienemmäksi kompensoidaan hankkimalla nieluja tavoitetason ylittäneistä maista, syntyy Eurooppaan hiilinielumarkkinat. Parhaimmillaan markkinoiden syntyminen ohjaa lisäämään ja ylläpitämään nieluja niissä maissa missä se on kustannustehokkainta. Nykyisellään eri maiden hiilinielujen seuranta ei kuitenkaan ole riittävän yhdenmukaista ja luotettavaa markkinoiden perustaksi. Maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätalouden (LULUCF sektorin) kasvihuonekaasulaskennan kehittäminen on entistä ajankohtaisempaa nyt kun Euroopassa tavoitellaan hiilineutraaliutta ja metsien hiilinielu on toistaiseksi ainoa keino sitoa päästöjä kohtuullisin kustannuksin.

Metsäluonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden yhteensovittaminen puuntuotannon kanssa biotalouden aikakaudella

Mikko Mönkkönen, Kyle Eyvindson, Maiju Peura, Anna Repo

Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

mikko.monkkonen@jyu.fi

Biotalouden keskeinen tavoite on vähentää yhteiskuntien riippuvuutta fossiilisista energia- ja materiaalilähteistä. Suomen kaltaisissa metsäisissä maissa biotalouden tärkeä perusta ovat metsät ja metsien tarjoama biomassa sekä muut hyödyt. Suomessa kansallinen metsäohjelma ja nykyisen hallituksen hallitusohjelma tavoittelevat kaikki merkittävää lisäystä metsien hakkuiden määrässä Samanaikaisesti Suomi osana EU:a ja kansainvälistä yhteisöä on sitoutunut pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden vähenemisen sekä turvaamaan ekosysteemipalveluiden saatavuuden. Aiempi tutkimus on osoittanut, että intensiivinen metsätalous, missä puuntuotanto on ensisijainen tavoite, on voimakkaassa ristiriidassa monimuotoisuuden säilyttämisen ja ekosysteemipalveluiden saatavuuden tavoitteiden kanssa. Tämä asettaa suuren haasteen biotalouden tavoitteille ja lisääntyvien hakkuiden ekologiselle ja sosiaaliselle kestävyydelle.

Me olemme tutkineet lisääntyvien hakkuiden vaikutuksia metsäluonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemipalveluiden saatavuuteen mallinnuksen keinoin. Toisaalta olemme pyrkineet hahmottamaan sellaisia metsänkäsitteilytapoja ja niiden yhdistelmiä, jotka minimoivat puuntuotannon lisäämisestä seuraavia negatiivisia ympäristövaikutuksia. Tässä työssä olemme hyödyntäneet laajoja maisematason kuvioaineistoja 17 valuma-alueelta Etelä- ja Keski-Suomesta. Olemme simuloineet kuvioaineistoja metsän kasvumalleja hyödyntäen 100 vuotta tulevaisuuteen erilaisilla metsänkäsitteilyketjuilla, jotka vaihtelevat metsäkeskus Tapion suosituksista, vaihdellen kiertoaikoja ja harvennuksen intensiteettiä, eri-ikäisrakenteiseen metsätalouteen ja suojeluun (ei käsitteilyä). Monitavoiteoptimoinnin menetelmin olemme etsineet vastauksia asettamiimme kysymyksiin hakkuiden lisäämisen vaikutuksista ja yhteiskunnan kokonaisedun kannalta parhaista metsänkäsitteilytavoista.

Tulosten mukaan kansallisen metsästrategian mukainen hakkuumäärän nostaminen lähelle korkeinta mahdollista puuntuotannollisen kestävyuden tasoa aiheuttaa alenemisen luonnonmonimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden indikaattoreissa, vaikka metsienkäsitteilyä optimoitiin myös muiden kuin puuntuotannon tavoitteiden saavuttamiseksi. Alenema oli erityisen jyrkkä metsäluonnon monimuotoisuuden mittareissa. Mallinnustulosten mukaan metsien hakkuiden lisääminen tutkimusalueella nykytasosta siten, että puuntuotannollinen maksimi saavutetaan, vähentää lahopuun määrää 70 % ja metsäindikaattorilajien elinympäristöjen määrää 26 %. Vastaavat menetykset mustikkasadon määrässä ja metsien hiilivaraston koossa ovat 30 % ja 12 %. Lisääntyvät hakkuut myös samanlaistavat lähtötilanteiltaan erilaisia maisemia eli maisematason monimuotoisuus alenee. Edellä esitetyt tulokset ovat monitavoiteoptimoinnin seurauksia eli kertovat, mikä on korkein mahdollinen taso eri indikaattoreissa hakkuiden lisääntyessä. Näihin pääseminen vaatii tarkkaa maisematason suunnittelua. Jos suunnittelua ei tehdä, menetykset ovat paljon suuremmat.

Optimaalinen yhdistelmä metsänkäsitteilytapoja vaihtelee sen mukaan, kuinka isoa osaa puuntuotannollisesti korkeimmasta hakkuumäärästä tavoitellaan. Mallinnustuloksissa nykyisellä noin 60 % tasolla on optimaalista suojella 38 % pinta-alasta, tehdä eri-ikäisrakenteista metsänkasvatusta 42 %:lla ja tasaikäisrakenteista metsänkasvatusta lopuilla 20 %:lla pinta-alasta. Vastaavasti jos metsien hakkuita lisätään nykytasosta siten, että puuntuotannollinen maksimi saavutetaan, optimaalinen yhdistelmä metsänkäsitteilytapoja sisältää edelleen yli 40 % eri-ikäisrakenteista metsänkasvatusta. Mahdollisuus suojella metsiä tällä hakkuutasolla on luonnollisesti vähäinen ja ympäristölle haitallisten vaikutusten minimoinnissa olennaiseksi nousee monipuolisuus metsäkäsitteilytavoissa mukaan lukien erilaiset tasaikäisrakenteiset käsitteilyvaihtoehdot.

Edellä esitetyt tulokset nostavat esiin eri-ikäisrakenteisen metsänkasvatuksen tärkeyden silloin, kun hakkuumäärää pyritään nostamaan ja samanaikaisesti huomioimaan myös muita metsille asetettuja tavoitteita. Meidän aineistossamme talouden näkökulmasta eri-ikäisrakenteinen metsänkäsitteily oli usein yhtä kannattavaa tai kannattavampaa kuin tasaikäisrakenteinen. Vaikka tasaikäisrakenteisellä käsitteilyllä saatiin metsistä useimmiten suurempi hakkuukertymä (m³), eri-ikäisrakenteisessä käsitteilyssä puolestaan tukkipuun osuus hakkuukertymästä oli suurempi kuin tasaikäisrakenteisessa. Kun vertasimme tasaikäisrakenteista ja eri-ikäisrakenteista metsänkäsitteilyä monimuotoisuus- ja ekosysteemipalveluindikaattoreiden näkökulmasta, kävi selväksi, että eri-ikäisrakenteinen on usein parempi vaihtoehto kuin tasaikäisrakenteinen metsätalous. Joillekin indikaattoreille tasaikäisrakenteinen käsitteily oli kuitenkin parempi kuin eri-ikäisrakenteinen. Tulokset viittaavat siihen, että maisematasolla ja yhteiskunnan kokonaisedun kannalta siis paras mahdollinen ratkaisu voidaan saavuttaa näiden kahden käsitteilytavan yhdistelmänä.

Biotalouden aikakaudella korostuu metsien käytön suunnittelu. Tilatasolla paras tulos eri tavoitteiden kannalta saavutetaan yhdistelemällä monipuolisesti ja suunnitelmallisesti erilaisia käsittelytapoja. Tulostemme mukaan, eri-ikäisrakenteinen metsänkäsittely tulisi ottaa laajemmin käyttöön erityisesti, jos tavoitteena on muutakin kuin maksimoida korjatun puun volyymi. Alueellisten metsäohjelmien ja maankäytön suunnittelun tasolla olisi eri tavoitteisiin pääsemiseksi suositeltavaa eriyttää tavoitteita maisemien välillä. Jotta olisi mahdollista ylläpitää metsäluonnon monimuotoisuutta ja muita kuin puuntuotannollisia ekosysteemipalveluita samalla kun pyritään lisäämään hakkuita, tarvitaan intensiivisen metsätalouden vastapainoksi laajempia maisema-alueita joissa monikäyttötavoitteet ovat ensisijaisia puuntuotannon tavoitteisiin nähden.

Viitteet

- Eyvindson K., Repo A., Mönkkönen M. (2017). Mitigating forest biodiversity and ecosystem service losses in the era of bio-based economy. Käsikirjoitus.
- Peura M., Burgas D., Eyvindson K., Repo A., Mönkkönen, M. (2017). Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests in Fennoscandia. *Biological Conservation* (in press).

Puuraaka-aineen laatu Suomen metsäteollisuuden kilpailukykytekijänä

Henrik Heräjärvi

Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Itä-Suomen yliopisto

henrik.herajarvi@uef.fi

Suomessa biotalouden tavoitteet nojaavat neitseellisen puuraaka-aineen lisääntyvään käyttöön. Kiertotalouden tavoitteet puolestaan tähtäävät kaikkien neitseellisten raaka-aineiden vähenevään käyttöön. Kiertotalouskehityksen kannalta purku- ja kierrätyspuun määrä on Suomessa niin pieni ja kertymä niin hajallaan, ettei niiden varaan ole mahdollista rakentaa suuria teollisuuslaitoksia. Metsäteollisuuden sivuvirrat (hake, puru, kuori) sen sijaan ovat suuria ja verraten tasalaatuisia, mahdollistaen ainakin teoriassa vaihtoehtoja sulfaattiselluloosaksi keittämiseksi ja energiaksi poltolle. Tällaisen kiertotalouskehityksen kokonaisvaikutukset (taloudellisuus, substituoitio, ympäristö) ovat kuitenkin suuri kysymysmerkki, vaikka tuotteita keksittäisiinkin.

Metsäteollisuuden rakennemuutoksen arvioidaan lisäävän erityisesti kuitu- ja energiapuun tarvetta, mikä on noteerattu myös Suomen biotalousstrategiassa (www.biotalous.fi). Metsätaloutemme on hehtaarituohtojen maksimoinnin nimissä vuosikymmeniä tähdännyt lyhyempiin kiertoaikoihin eli puun kasvunopeuden lisäämiseen. Tämä onkin perusteltua niin kauan, kun järeys on ainoa tukkipuun hintaan vaikuttava laatutekijä. Nyt metsien kasvua kaavaillaan nopeutettavan edelleen, koska kannetaan huolta raaka-aineen riittävydestä biotuotteita valmistavalle teollisuudelle. Kasvun kiihdyttämisen keinoksi on esitetty mm. lannoitusta. On kyseessä sitten kierrätys- tai neitseellinen puuraaka-aine, on sen laadulla keskeinen rooli kaikissa teollisissa prosesseissa. Puutuoteteollisuus, joka valmistaa ja myy yksittäisiä puukappaleita, elää raaka-aineen laadusta vielä selvemmin kuin kemiallinen metsäteollisuus tai bioenergian tuotanto, joissa raaka-aineen laatuvariaatiot tasoittuvat tai häviävät prosessin massaluonteen seurauksena. Havutukki on biotalouden perusta. Se tuotti 66 % metsänomistajien kantorahatuloista vuonna 2013 (Peltola 2014), mikä vastaa myös pitkän aikavälin keskiarvoa. Ilman toimivaa havutukkikauppaa metsästä ei pidemmän päälle ”liikahda lehtikään”. Tässä esityksessä tarkastellaan havupuun kasvun nopeuttamisen vaikutusta puun laatuun, puutuoteteollisuuden kilpailukykyyn ja metsäbiotalouden kehitykseen.

Oksan koko ja puuaineen tiheys ovat tärkeimmät sahatavaran visuaaliseen laatuun, jäykkyyteen, lujuuteen ja siten myös hintaan vaikuttavat tekijät: mitä vähemmän oksia ja mitä tiheämpää puuta, sitä arvokkaampaa sahatavaraa. Suomalaisilla havupuilla kasvunopeus korreloi positiivisesti oksien läpimitan ja negatiivisesti puuaineen tiheyden kanssa (esim. Kärkkäinen 2007). Halkeilu- ja muodonmuutosherkän nuorpuun määrä on sidoksissa soluja tuottavan jällen biologiseen ikään eli mitä nopeammin puu kasvaa, sitä enemmän nuorpuuta on ytimen ympärillä. Jos päätehakkuujäreys saavutetaan nuoremmalla iällä, myös lahon- ja säänkestävän sydänpuun määrä jää vähäisemmäksi, mikä altistaa runkoja hyönteistuhoille. Nopeakasvuisen rungon alhainen jäykkyys ja lujuus puolestaan altistavat myrskytuhoille. Laadun kannalta haitallisinta on nuoruusvaiheen nopea kasvu.

Puutuoteteollisuutemme kilpailukyky on rakentunut laadukkaaseen raaka-aineeseen, tehokkaan tuotantoteknologian ja toimitusvarmuuden kolmiyhteyden varaan. Kahden viimeksi mainitun edun kiinni kurominen on Suomen kilpailijamaille viime kädessä varsin nopeasti ratkaistava valintakysymys. Tukkiraaka-aineen laatuun vaikuttaminen sen sijaan vaatii strategisia, vuosikymmenten päähän ulottuvia päätöksiä. Rationaalinen toimija karttaa keskeisen kilpailukykytekijän (kuten raaka-aineen laadun) suunnitelmallista heikentämistä. Kuiduttavan teollisuuden ja bioenergian tuotannon odotusarvoisista tarpeista kumpuava havupuun pikakasvatus olisi laajamittaisesti toteutettuna strateginen virhe. Muiden tuotannon tekijöiden pysyessä ennallaan, havutukkiraaka-aineen laadun alentaminen rapauttaa puutuoteteollisuutemme kilpailukykyä ja kannattavuutta, mikä johtaa tukin kantohintojen alenemiseen. Havupuun pikakasvatus on yksiselitteisesti edullista kemialliselle metsäteollisuudelle ja bioenergian tuotannolle. Puutuoteteollisuus ja metsätalous kohtaavat nopean kasvun kääntöpuolen. Havupuun pikakasvatusta ei tule hyväksyä metsänhoidon doktriiniksi, tähtäin on asetettava pikemminkin kiertoaikojen pidentämiseen.

Viiitteet

- Kärkkäinen M. (2007). Puun rakenne ja ominaisuudet. Metsäkustannus Oy. Karisto Oy, Hämeenlinna. 468 s.
 Peltola A. (2014) (toim.). Metsätilastollinen vuosikirja 2014. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 428 s.

Metsäbiotalouden vastuullisuus tutkimuskohteena – eilen, tänään ja ylihuomenna?

Anne Toppinen

Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto

anne.toppinen@helsinki.fi

Metsäsektorilla on uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvana alana merkittäviä vaikutuksia ympäröivään luontoon raaka-aineiden käytön, metsäluonnon monimuotoisuuden, vesi- ja ilmapäästöjen sekä energian tuotannon ja kulutuksen näkökulmista. EU:n ja Suomen kansallinen biotalousstrategia molemmat ohjaavina elementteinä korostavat kestävyyttä reunaehtona. Meneillään oleva kehitys kohti yhä enemmän biopohjaisiin materiaaleihin pohjautuvaa vihreää/biotaloutta edellyttää systeemi muutosta. Kestävyysmuutos tarvitsee myös yrityksiä ja kuluttajia (Loorbach ja Wijsman 2013). Kestävän kehityksen tavoitteet ja sitoumukset, politiikkaohjaus, kuluttajien arvojen ja ostokäyttäytymisen muutokset sekä yritysten kestävyysliittävät strategiavalinnat linkkautuvat toisiinsa ja muovaavat metsäbiotalouden tulevaisuutta.

Esitykseni näkökulma on erityisesti yritysvastuun tutkimuksessa eli analysoitaessa vastuuta toimintojen vaikutuksista ympäröivään yhteiskuntaan, sidosryhmiin ja ympäristöön. Vastuullisuudesta käytetään muitakin käsitteitä kuten yrityskansalaisuus, yhteiskuntavastuu (engl. corporate (social) responsibility, CR/CSR, corporate citizenship) ja lähellä olevia termiä ovat myös hyväksyttävyyden ja sosiaalinen toimilupa (Arminen ym. 2016). Kirjallisuudessa yritysvastuukäsitettä on tulkittu hyvin usealla tavalla, mutta yleisesti hyväksytty Euroopan komission määritelmä lähtee vasta yhteiskunnallisten ja ympäristöön liittyvien näkökohtien vapaaehtoisesta – lainsäädännön tason ylittävistä – sisällyttämisestä liiketoimintaan. Yksinkertaistettuna kysymys on siitä kuinka huomioida toiminnan positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia luontoon ja ympäröivään yhteiskuntaan? Ja kuinka voidaan paremmin hallita näitä ulkoisvaikutuksia. Taloudellisten tunnuslukujen rinnalle onkin kehittynyt käsitteitä kuten luonnonpääoma (natural capital).

Vastuullisuustutkimus voidaan nähdä pitkälti jatkumona kestävästä metsänhoitosta ja metsäsertifiointia koskevalle kirjallisuudelle (Toppinen ym. 2014). Tutkimus voidaan jaotella organisaation näkökulmasta vastuullisuuden sekä sisäisiin että ulkoihin kysymyksiin. Sisäisestä näkökulmasta keskeisiä kysymyksiä ovat olleet vastuullisuuden käytännöt, mittarit ja yhteys johtamiseen ja strategioihin. Ulkoisesta näkökulmasta vastuullisuuden ajurit tai vuorovaikutuksen toimivuus sidosryhmien kanssa on keskeinen elementti vaikutusten arvioinnissa. Suuri osa kirjallisuutta analysoikin vastuuviestintää (tai sen epäonnistumista) tavalla tai toisella keskittyen analysoimaan erilaisia konflikteja. Metsäsektorilta löytyykin esimerkkejä sidosryhmäkonflikteista sekä pohjoisiin havumetsiin että etelän istutusmetsiin liittyen. Teollisuuden kansainvälistymisen myötä sosiaalisen vastuun kysymykset ja toiminnan paikallistason hyväksyttävyyden ovat menneet ympäristökysymysten ohi. Nämä ovat myös osoittautuneet yrityksille erittäin hankaliksi kysymyksiksi ratkaista, mutta asioiksi joihin osa sijoittajista kiinnittää yhä vakavammin huomiota.

On ilmeistä että läpäisyperiaatteella lähestytty business as usual -vastuullisuus ei biotalouden kontekstissa riitä. Esimerkiksi ympäristösuorituskyvyn jatkuva parantaminen on ehto alan yleiselle hyväksyttävyydelle (Roos ja Stendahl 2016). Tulevaisuuden metsäbiotaloudessa yritysvastuun merkitys ei kuitenkaan näy pelkästään lisääntyvinä kustannuksina vaan myös tärkeänä keinona organisaatioiden uusiutumiseksi ja kuinka sitä kautta voidaan löytää uusia kestävämmän kilpailuedun lähteitä. Resurssitehokkaat prosessit ja sivuvirtojen entistä tarkempi hyödyntäminen korostuvat biokiertoaloudessa ja ovat osa kustannustehokkaampaa toimintaa.

Kirjallisuutta

- Arminen H., Tuppur A., Toppinen A., Kozak, R. (2016). Corporate responsibility development paths in the US forest industry. *Forestry* 89: 500-511. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv050>
- Loorbach D., Wijsman K. (2013). Business transition management: exploring a new role for business in sustainability transitions. *Journal of Cleaner Production* 45, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.002>
- Roos A. & Stendahl M. (2016). The merging bio-economy and the forest sector. Ch. 10. In Panwar R. et al. (eds): *Forests, business and sustainability*. Earthscan, Routledge, New York. pp. 179-201.
- Toppinen A., Cabbage F., Moore, S. (2014). Economics of forest certification and corporate social responsibility. In: Kant, S., Alavapati, J. (eds.) *Handbook of Forest Resource Economics*, Routledge, London, UK. pp. 444-458. ISBN-13: 978-0415623247.

Forest disturbances under climate change – a global view

Mikko Peltoniemi

Natural Resources Institute Finland (Luke)

mikko.peltoniemi@luke.fi

Climate is a prominent driver of many disturbance agents, which raises concerns about disturbance intensity and frequency change in future. However, our understanding of disturbance dynamics in response to climate remains incomplete, particularly regarding large-scale patterns, interaction effects and dampening feedbacks. In this study, we reviewed literature emerged since 1990, which documents forest disturbances and climate relationships around the globe. We provide a global synthesis of climate change effects on important abiotic (fire, drought, wind, snow and ice) and biotic (insects and pathogens) disturbance agents. We found out that warmer and drier conditions particularly facilitate fire, drought and insect disturbances, while warmer and wetter conditions generally increase disturbances from wind and pathogens. Based on the reviewed material, we found out that widespread interactions between agents tend to amplify disturbances. Indirectly, and in longer terms, changes in the ecosystems' vegetation can dampen disturbance sensitivities to climate. Future changes in disturbance are likely to be most pronounced in coniferous forests and the boreal biome. Due to the fact that vegetation cover can dampen disturbances in the long term, managing forest species distribution and structure seems to be a viable option to mitigating climate induced disturbance risks.

References

Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyer C.P.O. (2017). Forest disturbances under climate change, *Nature Climate Change* vol 7, 395-402, <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3303>

Influence of storm and bark beetle disturbance on carbon dynamics in a boreal Norway spruce stand

Maiju Kosunen, Mike Starr, Päivi Lyytikäinen-Saarenmaa, Minna Blomqvist, Jaana Turunen, Tuula Kantola

Department of Forest sciences, University of Helsinki
maju.kosunen@helsinki.fi

Abiotic and biotic disturbances can affect the carbon (C) balance of forests. For example, storm events and outbreaks of tree-killing bark beetles increase tree mortality, which for some time results in decreased forest carbon uptake and autotrophic respiration (CO₂ efflux, plant parts) and enhanced heterotrophic respiration (CO₂ efflux, microbes) from the increase in decaying tree material. In addition, storms and bark beetle outbreaks often lead to changes in e.g. forest litter production, light, water and nutrient availability, vegetation composition as well as several soil properties, all of which also influence the C dynamics of a forest. Forest structure and efficiency of tree regeneration are important determinants of the changes in C fluxes and recovery time of the C balance. The effects of storm and bark beetle disturbances on forest C dynamics may be even more considerable and complex in the future, as such events are predicted to become more common.

We studied the effects of a large-scale storm in 2010 followed by an outbreak of a tree-killing bark beetle (*Ips typographus* L.) on soil C dynamics and tree biomass in two Norway spruce (*Picea abies* L.) dominated forests, Paajasensalo (PS) and Viitalampi (VL), in Ruokolahti, southeastern Finland. Three types of plots – living trees (LT), standing dead trees killed by *I. typographus* (ID), and storm-felled trees (SF) – duplicated in both forests were established in the summers of 2015 (6 plots) and 2016 (6 plots). Basic tree measurements (diameter at breast height and height) of each living and dead tree on plot were done to further determine tree biomass (living) and necromass (dead) with the help of allometric equations. Soil respiration (soil CO₂ efflux), temperature and moisture were measured in all plots during summer-autumn 2015 and 2016. Soil respiration measurements at SF plots were separated into open vegetated (SF_o) and dead tree detritus (SF_d) covered surfaces. Soil and litter samples were collected from each plot to determine soil C and N contents and C/N ratios.

In PS and VL plots, tree necromass due to both storm and bark beetle disturbance was similar in magnitude. Disturbance by storm and bark beetles decreased soil respiration slightly. Median soil respiration at PS decreased in the order: LT>SF_d>ID>SF_o and all were significantly ($\alpha=0.05$) different from each other. At VL, median soil respiration decreased in the order: LT=ID>SF_o>SF_d and only SF_d was significantly different from LT. Soil temperature did not differ between plot types, but soil moisture was higher in the disturbed plots compared to ones with living trees. Soil temperature was a good predictor for soil respiration at each plot type and at both forests; however, the correlations with soil moisture were either not significant or inconsistent. Soil C and N contents and C/N ratios did not differ between plot types. The next step of the research is to relate soil respiration to site- and stand characteristics and to estimate the ratio of autotrophic and heterotrophic soil respiration at each plot type. Also, soil, biomass and necromass C stocks as well as soil microbial and fungal biomass C and N at each plot type will be determined. With the help of aerial images and hyperspectral data, the effects of the disturbances on biomass C stocks can then be upscaled to cover a wider area in a boreal zone.

Ilmastonmuutoksen ja metsänkäsittelyn vaikutus metsän kasvuun ja hiilen kiertoon – mallien ennusteita ja epävarmuuksia

Annikki Mäkelä
Helsingin yliopisto
annikki.makela@helsinki.fi

Esityksessä tarkastellaan kirjallisuuden ja viimeaikaisten kansallisten ja kansainvälisten hankkeiden ennusteita siitä, miten ilmastonmuutos ja metsänkäsittely yhdessä vaikuttavat metsien kasvuun. Metsänkäsittelyä on usein tarkasteltu skenaarioina, jotka noudattavat eri teemoja, kuten biodiversiteetin edistämistä tai bioenergian tuotannon maksimointia. Kokonaiskasvuun ja hiilen sidontaan vaikuttaa olennaisesti myös puutuotteiden kysynnän kehitys. Epävarmuustekijöitä on useita ilmastonmuutosmalleista ja –skenaarioista kasvun vasteisiin. Esityksessä perustellaan väitettä, että yksi suurimmista tietotarpeista liittyy tynen saatavuuden muutoksiin muuttuvassa ilmastossa.

Kasvilajien valovaatimukset ja reagointi hakkuisiin

Tiina Tonteri, Maija Salema, Pasi Rautio, Ville Hallikainen, Leila Korpela, Päivi Merilä

Luonnonvarakeskus (Luke)

Etunimi.Sukunimi@luke.fi

Kilpailu kasvutilasta, ravinteista ja valosta sekä puuston että muiden kasvilajien kanssa muuttaa aluskasvillisuuden lajistoa ja runsaussuhteita metsän sukkession aikana. Puuston kasvun ennustetaan kiihtyvän Suomessa ilmastonmuutoksen etenemisen myötä. Tämän seurauksena varttuneissa metsissä puusto varjostaa aluskasvillisuutta aiempaa enemmän ja sen aiheuttama resurssikilpailu lisääntyy.

Testasimme hypoteesia, jonka mukaan valoa vaativat kasvilajit hyötyvät ja varjoa sietävät lajit kärsivät kivennäismaiden metsien hakkuista (Tonteri ym. 2016). Analysoimme voimakkuudeltaan erilaisten hakkuiden – uudistushakkuiden ja muiden hakkuiden (usein harvennushakkuista) – vaikutusta 11 kasvilajin tai kasviryhmän runsauteen (peittävyys %). Lisäksi tarkastelimme kasvien toipumista hakkuista. Tutkimus perustuu systemaattisella koelaverkolla (n = 443) vuosina v. 1985-1986 ja 2006 tehtyihin valtakunnallisiin kasvillisuusinventointeihin.

Uudistushakkuiden vaikutus kasvilajien runsauteen oli suurempi kuin muiden hakkuiden. Kasvilajien valovaatimukset säätelivät sekä reaktiota hakkuiden voimakkuuteen että toipumista hakkuiden jälkeen. Uudistushakkuiden jälkeen varjokasvit ja puolivarjokasvit (käenkaali, metsäkerrossammal ja mustikka) vähenivät voimakkaasti (> 70 %) ja toipuivat suhteellisen hitaasti, mutta runsastuivat (30-70 %) muiden hakkuiden jälkeen. Puolivalokasvit (kangaskynsisammal, seinäsammal ja puolukka) vähenivät melko paljon (20-60 %) pian uudistushakkuun jälkeen, mutta toipuivat suhteellisen nopeasti saavuttaen ennen hakkuuta vallinneen runsauden noin 30-vuotiaissa metsissä. Nämä lajit runsastuivat muiden hakkuiden jälkeen. Valokasvit (variksenmarja, kanerva ja metsälauha) runsastuivat uudistushakkuiden jälkeen yli 100 % verrattuna varttuneiden metsien tavanomaiseen runsauteen, mutta vähenivät selvästi muiden hakkuiden jälkeen. Muiden hakkuiden seurauksena mustikka, puolukka, metsäkerrossammal ja seinäsammal siis runsastuivat vähemmän kilpailukykyisten lajien kustannuksella.

Ilmastonmuutos vaikuttaa paitsi puuston kasvuun ja kehitykseen, myös kasvilajien levinneisyyteen ja keskinäisiin kilpailusuhteisiin. Koska puusto vaikuttaa aluskasvillisuuteen voimakkaasti, ilmastonmuutoksen aluskasvillisuusvaikutuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon puustossa samanaikaisesti tapahtuvat muutokset. Metsien aluskasvillisuuden kehitys riippuu tulevaisuudessakin harvennus- ja uudistushakkuiden ajoittumisesta ja määrästä kiertoajan kuluessa sekä maanpinnan käsittelyn voimakkuudesta.

Kirjallisuus

Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikainen, V., Korpela, L., Merilä, P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management* 381: 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.015>.

Power and Politics of tropical deforestation: a political economy perspective

Maria Brockhaus¹, Grace Wong²

¹Department of Forest Sciences, University of Helsinki; ²Stockholm Resilience Centre
maria.brockhaus@helsinki.fi

Deforestation and the existing inequities in rights and benefits from forest and forest land resources are deeply rooted in historical processes and patterns of global trade and investment within and beyond the forestry sector, and the related policy domains are often best characterized as multi-actor, multi-interest, and multi-level. Over the past decades and in response to such complex policy problems, public state-steered policy problem solving has shifted towards hybrid public and private as well as exclusively private policy instruments and measures. Voluntary commitments have become very popular, such as certification and most recently greening or zero-deforestation supply chains. Meanwhile, large scale conversion of standing forests continues, to rangelands for cattle, for the production of palm oil, soybeans and pulp & paper. Timber extraction is another main driver of large-scale deforestation especially in the tropics (Henders et al 2015). These commodities are part of global value chains and carry ‘social and environmental backpacks’, in terms of global as well as domestic distributional effects of the underlying trade patterns, displacement of emissions from land-use change and decreasing availability of forest ecosystem services and goods locally. Tackling these global policy problems would require transformational change both within and beyond the forestry sector (Brockhaus and Angelsen 2012).

Calls for radical transformations of our production and consumption patterns and the underlying the economic system have been made repeatedly over the past decades (e.g. by the Club of Rome, Brundtland commission, 1992 Rio conference), with new targets for halting deforestation in recent global commitments such as the Paris Agreement (e.g. REDD+), in the SDG 15 as well as in the New York Declaration on Forests. How have these efforts contributed to halting deforestation? Some scholars argue that instead of transformational change for sustainability, environmental politics has actually turned into politics of unsustainability” (Blühdorn 2011), with discourses having moving away from radical change towards belief in a (often undefined) win-win myth as expressed in the rhetoric of green growth and bio-economies (Kleinschmitt et al 2017), and with business as usual of unsustainable resource use and deforestation continuing (Climate Focus 2016). Who benefits from the shifting of targets, rhetoric and discourses?

Evidence from 9 years of research on REDD+ and zero deforestation commitments, and the role of actors’ discourses and power relations within the wider institutional environment seem to indicate that results (or the lack thereof) in terms of carbon and non-carbon outcomes. Both initiatives have not yet contributed to, nor received the transformational change they would need to be effective, efficient and equitable. These findings suggest that states need to gain autonomy from the entrenched interests driving deforestation. This however would require investments in regulation of large-scale international and domestic business driving deforestation, as well as the integration of zero-deforestation targets in investment practices (public and private) and divesting strategies. Such practices may lead to potentially lower returns in the short-term and challenge the “win-win” rhetoric. Finally, it might be time to revisit our assumptions over the effectiveness of voluntary commitments. One way forward could be strengthening accountability structures to ensure an empowered civil society can hold state and business accountable to their commitments and promises. Research can contribute a key to unlocking such processes by providing new data and credible information.

References

- Blühdorn I. (2011). The politics of unsustainability: COP15, post-ecologism, and the ecological paradox. *Organization & Environment*, 24(1), 34-53.
- Brockhaus M., Angelsen A. (2012). Seeing REDD+ through 4Is: A political economy framework. In *Analysing REDD+: Challenges and choices*, 15-30. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Climate Focus. (2016). Progress on the New York Declaration on Forests: Eliminating deforestation from the production of agricultural commodities – Goal 2 assessment report (Available here) <http://forest500.org/about>
- Henders S., Persson U.M., Kastner T. (2015). Trading forests: land-use change and carbon emissions embodied in production and exports of forest-risk commodities. *Environmental Research Letters*. 10(12):125012.
- Kleinschmitt D., Arts B., Giurca A., Mustalahti I., Sergeant A., Pulzl H. (2017). Environmental concerns in political bioeconomy discourses. *International Forestry Review* Vol.19(S1)

Asiakasarvon ja palveluiden keskeinen merkitys metsäsektorilla

Marja Toivonen

Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto

marja.toivonen-noro@helsinki.fi

Talouden kolmea pääsektoria – alkutuotantoa, teollisuutta ja palveluja – on perinteisesti tarkasteltu irrallaan toisistaan. Parin viime vuosikymmenen aikana on kuitenkin käynyt selväksi, että eri sektoreiden toiminnot kietoutuvat vahvasti toisiinsa ja innovatiivinen kehitys tapahtuu usein sektoreiden rajapinnoissa. Erityisesti teollisuuden sisällä tapahtuva palvelutuotanto samoin kuin teollisuusyritysten ulkopuolelta ostamat palvelut ovat herättäneet mielenkiintoa (Baines & Lightfoot, 2013). Aiemmin palveluja pidettiin kilpailukyvyn kannalta teollisuutta vähäarvoisempina, mutta nyttemmin on havaittu, että monet teollisuusyritykset ovat juuri palveluihin laajentamalla löytäneet uusia menestyksellisiä liiketoimintamalleja. Ulkopuolisia asiantuntijapalveluja ostamalla ne ovat myös pystyneet hyödyntämään tehokkaalla tavalla jatkuvasti kasvavia tietoresursseja.

Vastaava kehitys on tapahtumassa metsäsektorilla. Metsäteollisuudessa palvelut ovat keskeisessä asemassa mm. logistiikassa ja tuotannon optimoinnissa. Digitalisaation myötä erilaiset etävalvonnan muodot ja laajojen tietomassojen yhdistämiseen perustuvat konsulttipalvelut nousevat yhä keskeisempään asemaan. Myös kestävä kehityksen tukeminen vaatii erityisosaamista ja siihen liittyviä palveluja. Metsäteollisuuden lisäksi tärkeitä ovat metsänomistajille suunnatut palvelut. Myös tässä kohden digitalisaatio on muutoksen merkittävä ajuri, joka tarjoaa uudentasoisia mahdollisuuksia metsänhoidollisten toimenpiteiden kohdentamiseen. Metsänomistajien palvelut sisältävät laajan kirjon puukaupan yhteydessä tapahtuvasta neuvonnasta kattaviin kokonaispalveluihin, joita erityisesti kasvava kaupunkilaismetsänomistajien joukko tarvitsee.

Palveluissa asiakkaiden ja käyttäjien näkökulman ymmärtäminen on ydinasia. Tämä merkitsee, että on hankittava tietoa asiakatarpeista ja asiakaskokemuksesta sekä siitä kontekstista, jossa asiakas toimii. Ennen kuin asiakastietoa voidaan tarkoituksenmukaisesti soveltaa, se on kytkettävä niihin mahdollisuuksiin ja tavoitteisiin, joita tarjoajayrityksellä on – sama asiakastieto kertoo eri asioita eri yrityksille. Olennainen kysymys on: mitä arvoa juuri meidän yrityksemme voi tarjota asiakkaille ja miten tämän arvon syntyminen voidaan varmistaa. Asiakasarvon näkökulma tarjoaa mahdollisuuden murtautua ulos tyypillisestä kehästä, jossa kaikki yritykset toimivat suunnilleen samalla tavalla ja pyrkivät vain varovaisin pienin parannuksin turvaamaan kilpailuetunsa (Hoover et al., 2001).

Uuden tärkeän painotuksen arvonäkökulmaan on tuonut ns. palvelupainotteisen logiikan suuntaus (service-dominant logic, S-D logic). Tämä suuntaus korostaa sitä tosiasiaa, ettei arvo ole sisällä tuotteissa tai palveluissa ennen kuin niitä käytetään. Asiakkaat synnyttävät arvoa yhtä lailla kuin tuotteiden valmistajat ja palvelujen tarjoajat, sillä tuotteita ja palveluja ei käytetä tyhjiössä, vaan niiden arvo tulee esiin vasta kun ne liitetään muihin tuotteisiin ja palveluihin. Tämän erilaisten resurssien yhdistämisen tekee asiakas. Niinpä vuorovaikutus ja asiakkaan tukeminen ovat mitä suurimmassa määrin tuottajan intressissä. Asiakas ei ole myynnin kohde, vaan tuottajan ja palveluntarjoajan kumppani, jonka kanssa arvo yhdessä luodaan. (Vargo & Lusch, 2004, 2016)

Viitteet

- Baines T., Lightfoot H. (2013). *Made to Serve: How Manufacturers Can Compete through Servitization and Product Service Systems*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Hoover W.E., Eloranta E., Holmström J., Huttunen K. (2001). *Managing the Demand-Supply Chain – Value Innovations for Customer Satisfaction*. John Wiley & Sons, New York.
- Vargo S., Lusch R. (2004). Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing* 68: 1-17.
- Vargo S.L., Lusch R.F. (2016). Institutions and axioms: an extension and update of service-dominant logic. *Journal of the Academy of Marketing Science* 44: 5-23.

Diversification of the forest-based sector: Role of new products

Elias Hurmekoski

European Forest Institute

elias.hurmekoski@efi.int

In the period extending from the 1960s until the beginning of the 21st century, forest products markets were generally characterized by steady, continuous growth driven by the global growth of population and income. In the 2000s, however, the operating environment of the forest-based sector has changed fundamentally (Hetemäki & Hurmekoski 2017). This can be seen in the below figure comparing the GDP per capita and the consumption per capita of the main forest products over the past two decades. The set of market drivers have become more diversified in the 2000s, most notably with policies driving up bioenergy demand and the increased use of electronic media driving down the demand for graphic papers.

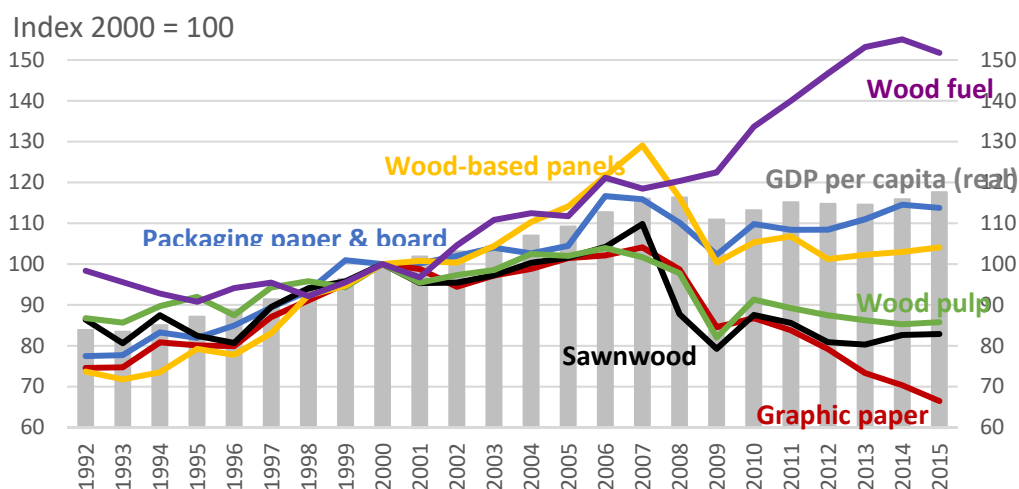


Figure. Consumption per capita in Europe (excl. Russia) (source: FAOSTAT, World Bank).

After a tumultuous period of capacity closures, a resurgence of investments particularly in market pulp and biofuels have changed the market prospects in Finland yet again. Loggings are projected to increase to close to 80 million cubic meters in Finland towards 2030. Such development can be argued to go against bioeconomy ambitions, as the production value of the industries has been suggested to increase significantly slower than the industrial wood use (Hietala & Huovari 2017). However, this picture does not consider the potential impact of emerging wood-based products, such as novel wood construction applications, textiles and chemicals.

This presentation aims to complement the understanding on forest products market outlook by i) defining ‘new wood-based products’, ii) evaluating the factors affecting the market potential of selected new wood-based products, and eventually iii) building an understanding, to which extent and on which premises new products can compensate for the maturing core businesses of the Finnish forest-based industries. These points are illustrated through “what if” scenarios reviewing the feasibility and consequences of a) achieving a 1 % share of the selected global markets, and b) achieving a 50 % share of export revenue for selected emerging products. The preliminary results appear highly sensitive to the assumptions, particularly in terms of whether the forest industries mostly remain as producers of high volume intermediate products or shift more towards high value end products.

References

- Hietala J., Huovari J., (2017). Puupohjaisen biotalouden taloudelliset vaikutukset ja näkymät [Economic Impacts and Outlook of the Finnish Wood-based Bioeconomy]. PTT Working Papers 184.
- Hetemäki L., Hurmekoski E., (2016). Forest Products Markets under Change: Review and Research Implications. *Current Forestry Reports* 2, 177-188.

Suomen metsäsektorin lyhyen ja pitkän aikavälin skenaariot

Jani Laturi

Luonnonvarakeskus (Luke)

jani.laturi@luke.fi

Metsäteollisuustuotteiden kysyntänäkymät ovat nyt positiivisemmat kuin vuosiin. Kysynnän kohentuminen näkyy myös Suomessa uusina investointeina ja niiden suunnitelmina. Investoinnit lisäävät puunkysyntää ja hakkuita. Lisääntyvillä hakkuilla on vaikutusta metsien ekosysteemipalveluiden tuottamiseen kuten hiilensidontaan ja luonnon monimuotoisuuteen. Tarkasteltaessa näiden palveluiden tarjonnan kehitystä ja palautumiskykyä on huomioitava tarkastelujakson pituuden vaikutus tuloksiin.

Tämän hetkiset metsä- ja ilmastopolitiikan tavoitteet ovat verrattain lyhytnäköisiä suhteessa Suomessa harjoitettavaan metsätalouden aikajänteeseen. Näiden lyhyiden tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan tarvita sellaisia poliittisia ohjauskeinoja kuten METSO-ohjelma, vaikka ne eivät olisi optimaalisia pitkällä aikavälillä. Lisäksi talouden ja metsänhoidon vaste uusiin ohjauskeinoihin voi aiheuttaa merkittäviä shokkeja lyhyellä aikavälillä.

Suomen puuntuotannossa olevien metsien ekosysteemipalveluita tarkasteltiin käyttäen Luonnonvarakeskuksen (Luke) metsä- ja energiasektoria kuvaavaa FinFEP-mallia. Tarkastelut ulottuvat vuoteen 2100. Tarkasteluissa keskitytään etenkin lyhyen ja pitkäaikavälin tarjonnan vertailuun ja niihin vaikuttaviin seikkoihin. Lisäksi ekosysteemipalveluiden tilaa ja palautumiskykyä arvioidaan eri aikajänteillä.

Viitteet

Laturi J., Lintunen J., Uusivuori J. (2016). Modeling The Economics Of The Reference Levels For Forest Management Emissions In The Eu. *Climate Change Economics*, 7(03), 1650006.

Lintunen J., Laturi J., Uusivuori J. (2015). Finnish Forest and Energy Policy Model (FinFEP): A Model Description.

Metsätuhojen muuttuvat riskit

Erkki Annila

erkki.annila@gmail.com

Joidenkin metsätuhojen esiintyminen on suhteellisen vakaata vuodesta toiseen. Esimerkiksi kuusen tyvilahon aiheuttamat tuhot ja niiden aiheuttamat taloudelliset menetykset voidaan arvioida verrattain tarkasti. Samoin hirvien tekemät taimistotuhot ovat selkeästi riippuvaisia hirvikannan suuruudesta ja siten ennustettavissa.

Suurin osa metsätuhoista on kuitenkin epidemian luonteisia. Ne alkavat äkillisesti ja niihin on vaikea varautua. Jotkin menevät ohi vuodessa tai parissa, toiset kestävät muutaman vuoden ja jotkin voivat kestää jopa lähes vuosikymmenen.

Kaikki metsätuhot ovat enemmän tai vähemmän riippuvaisia sääoloista ja ilmastosta. Ilmaston muutoksella on epäilemättä vaikutusta metsätuhojen esiintymiseen. Vaikutukset ovat kahdenlaisia: toisaalta maassamme jo esiintyvien tuhoniheuttajien aggressiivisuus muuttuu, toisaalta maahamme saattaa levitä lähialueilta uusia tuhoniheuttajia.

Ilmastonmuutoksen ohella myös yhä yleistyvä globalisaatio muodostaa riskin metsätuhojen lisääntymiselle. Yli mantereiden ulottuvaan kauppaan sisältyy vaara, että kauppavaroiden mukana maahamme kulkeutuu tuhoniheuttajia, joita vastaan puultamme puuttuu vastustuskyky tai se on hyvin heikko.

Taloudellinen optimointimalli yhden tai usean puulajin tasa- ja erikäisrakenteisille puustoille

Olli Tahvonen, Janne Rämö, Aino Assmuth ja Vesa-Pekka Parkatti
Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos
olli.tahvonen@helsinki.fi

Tässä tutkimuksessa kehitetään puustotason monitieteistä optimointimallia, joka perustuu kokoluokkarakenteiseen tai puukohtaiseen kuvaukseen metsikön kasvusta, yksityiskohtaiseen kuvaukseen korjuukustannuksista ja teoreettisesti oikeaan kuvaukseen metsätalouden taloudellisesta tuloksesta. Mallissa voidaan kiertoajan lisäksi optimoida puuston lähtötiheys, harvennusten ajoitus, harvennusten kohdistuminen puuston eri kokoluokkiin ja harvennusten määrä. Jos puuston kasvumalli sisältää luontaisen uudistumisen, malli optimoi valinnan jatkuvapeitteisen ja äärelliseen kiertoaikaan perustuvan metsänhoidon välillä. Malli ratkaistaan pitkän aikavälin dynaamisena optimointiongelmana, jossa osa optimoitavista muuttujista on jatkuvia ja osa kokonaislukuja.

Kun malliin sisällytetään vain yksi puulaji ilman luontaista uudistumista optimiratkaisussa on 2-4 yläharvennusta ja 60-100 vuoden kiertoaika, joka riippuu kasvupaikasta ja korkokannasta. Luontainen uudistuminen, positiivinen korkokanta ja uudistamiskustannukset pidentävät kiertoaikaa. Keskimääräinen tai keskimääräistä heikompi kasvupaikka tuottavat optimiratkaisun, jossa metsä pidetään jatkuvapeitteisenä ja puuta korjataan vain yläharvennuksin. Mallilla voidaan optimoida transitio eri metsänhoitomuotojen välillä ilman *ad hoc* rajoitteita transitioperiodin pituudesta. Mallin tulosten perusteella kiertoaikaan perustuva metsänhoito on männyllä kilpailukykyisempi kuin kuusella. Vastaavasti jatkuvapeitteisen metsänhoidon ratkaisu on kuusella taloudellisesti kilpailukykyisempi kuin männyllä.

Kun malliin sisällytetään kuusi, mänty, koivu ja muut lehtipuut kasvaa puuntuotos verrattuna yhden puulajin ratkaisuihin. Maksimoitujen nettokantorahatulojen nykyarvo voi kuitenkin alentua. Männyä ja koivun lisääminen malliin lyhentää optimaalista kiertoaikaa ja lisää äärelliseen kiertoaikaan perustuvan metsänhoidon kannattavuutta verrattuna metsän hoitoon jatkuvapeitteisenä. Jatkuvapeitteisen metsänhoidon pitkän aikavälin ratkaisussa optimaalinen hakkuuväli on Etelä-Suomen MT kasvupaikalla tyypillisesti 20 vuotta, tuotos 7m³ vuodessa, kuusen osuus kasvavan puuston tilavuudesta 70 %, männyä 2 % ja koivun 25 %. Jos muilla lehtipuilla ei ole kaupallista arvoa, luontaisesti syntyneet taimet poistetaan hakkuiden yhteydessä.

Kun mallin avulla arvioidaan metsän monimuotoisuutta Simpsonin biodiversiteetti-indeksillä, osoittautuu parhaaksi jatkuvapeitteinen usean puulajin ratkaisu. Monimuotoisuuden voidaan olettaa lisäävän metsien tuottamia ekosysteemipalveluita. Tämän perusteella voidaan biodiversiteetti-indeksi sisällyttää mallin tavoitefunktioon. Tämä lisää jatkuvapeitteisen metsänhoidon ratkaisun edullisuutta suhteessa äärelliseen kiertoaikaan perustuviin ratkaisuihin. Monimuotoisuustavoitteet lisäävät puustojen kokoluokkia ja männyä koivun ja muiden lehtipuiden osuutta. Malli tuottaa arvion monimuotoisuuden lisäämisen vaikutuksista metsätalouden perinteisesti mitattavaan kannattavuuteen.

Mallin yhden tai usean puulajin versioihin voidaan lisätä hiilen sitoutuminen kasvaviin ja kuolleisiin puuihin sekä korjatuista puista valmistettuihin hyödykkeisiin. Kun hiilen sitoutumisen taloudellinen arvo lisätään mallin tavoitefunktioon, voidaan optimoida metsien käyttöä tavanomaisen puuntuotannon ja hiilen sidonnan välillä. Hiilen sidonta viivästyttää harvennuksia, lisää puuston tiheyttä, kohdistaa korjuun suurempiin kokoluokkiin ja pidentää kiertoaikaa. Hiilen sidonta lisää jatkuvapeitteisen metsänhoidon kilpailukykyä suhteessa äärelliseen kiertoaikaan perustuviin ratkaisuihin. Maltillinen hiilen sidonnan taloudellinen arvo lisää puuntuotosta.

Viitteet

- Assmuth A., Rämö J., Tahvonen O. (2017). Economics of size-structured forestry with carbon storage, Manuscript.
Tahvonen O., Rämö J. (2016). Optimality of continuous cover vs. clearcut regimes in managing forest resources. *Canadian Journal of Forest Research* 46(7): 891–901.
Tahvonen O. (2015). Economics of naturally regenerating heterogeneous forests. *J. Assoc. Environ. Resour. Econ.* 2: 309–337.

Hoitamattako hyvää – metsänhoidon vaikutus puuntuotantoon skenaariotarkasteluna

Saija Huuskonen, Anssi Ahtikoski, Soili Kojola, Mika Lehtonen, Hannu Salminen, Jari Hynynen
Luonnonvarakeskus
saija.huuskonen@luke.fi

Suomen metsävarojen runsastuminen viime vuosikymmeninä on antanut olettaa puuvarantomme riittävän hyvin nykyisellä metsänhoidon tasolla. Lähivuosina puunkysynnän arvioidaan kuitenkin kasvavan merkittävästi. Samaan aikaan metsien merkitys hiilensitojana ja monimuotoisuuden ylläpitäjänä korostuu. Suomen olosuhteissa metsän kasvatusta on pitkäjänteistä toimintaa, jonka vaikutukset tulevat näkyviin viipeellä.

Valtakunnan metsien 12. inventoinnin tulosten (VMI12) mukaan Suomen metsien puuston määrä ja vuotuinen kasvu ovat lisääntyneet edelliseen inventointiin verrattuna (Korhonen & Ihalainen 2017). Toisaalta myös metsänhoidon rästit ovat lisääntyneet. Taimikonhoitotyöt ovat myöhässä jo 795 000 ja ensiharvennukset lähes miljoonalla hehtaarilla. Taimikonhoidot ja harvennukset eivät lisää metsikön kokonaisbiomassan tuotosta, mutta ainespuun tuotosta ne lisäävät ratkaisevasti. Mikä on metsänhoitorästien merkitys tulevaisuuden puuvarannolle ja millaista myytävää puuta on odotettavissa vuosikymmenten päästä, jos taimikonhoidoista ja ensiharvennuksista iso osa jää tekemättä tai tehdään myöhässä?

Kysymykseen metsänhoidon vaikutuksesta pitkän aikavälin puuntuotantoon haettiin vastauksia skenaariolaskelmilla. Skenaariotarkastelu mahdollistaa vaihtoehtoisten tulevaisuusennusteiden vertailun ja tulosten tarkastelun metsikkötason sijaan myös suuralueilla. Skenaariotulokset osoittavat teoreettisesti saavutettavissa olevan puuntuotoksen potentiaalin, mutta käytännössä tehtävät toimenpiteet ja markkinoille tuleva puumäärä riippuu monista eri tekijöistä.

Tässä tutkimuksessa esitetyt skenaariot kuvaavat pitkän aikavälin puuntuotosta erilaisilla metsänhoidon intensiteeteillä. Skenaariotarkastelun lähtöaineiston muodostivat VMI11 rajoittamattoman puuntuotannon metsämaan koealat (n. 48 000 koealaa). Jokaisen koealan puuston kehitys ennustettiin lukuisilla kunkin skenaarion mukaisilla metsänkasvatusketjuilla (10–170 ketjua kasvupaikasta riippuen) mitatusta nykyhetken tilanteesta (VMI11) alkaen. Kehitys ennustettiin tulevalle sadalle vuodelle Motti-ohjelmistolla (Salminen ym. 2005, Hynynen ym. 2014, 2015). Skenaariokohtaiset tulokset laskettiin lineaarisella optimoinnilla valikoituneiden metsänkasvatusketjujen tuloksista. Tulosten avulla voidaan tarkastella metsänhoitoon panostamisen vaikutuksia sekä puuvarantoihin että puuntuotantomahdollisuuksiin aluetasolla.

Viitteet

- Salminen H., Lehtonen M., Hynynen J. (2005). Reusing legacy FORTRAN in the MOTTI growth and yield simulator, *Comput. Electron. Agr.* 49: 103–113.
- Hynynen J., Salminen H., Ahtikoski A., Huuskonen S., Ojansuu R., Siipilehto, J., Lehtonen M., Rummukainen A., Kojola S., Eerikäinen K. (2014). Scenario analysis for the biomass supply potential and the future development of Finnish forest resources, Working papers of the Finnish Forest Research Institute 302.
- Hynynen J., Salminen H., Ahtikoski A., Huuskonen S., Ojansuu R., Siipilehto J., Lehtonen M., Eerikäinen K. (2015). Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland, *European Journal of Forest Research* 134: 415–431, <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0860-0>.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A. (2017). Valtakunnan metsien inventointi: Puuston kasvu nousut edelleen – Pohjois-Suomessa metsät järeytyvät. <https://www.luke.fi/uutiset/valtakunnan-metsien-inventoinnin-tulosjulkistus-2017/>

Metsänviljelytöiden organisoinnin käytännön pullonkaulat

Juho Rantala

Metsä Group

juho.rantala@metsagroup.com

Tutkimustiedon perusteella metsänistutustöihin on vuosittain käytettävissä noin viisi kuukautta alkaen toukokuun alusta ja päättyen syyskuun loppuun. Käytännössä ylivoimaisesti kiireisin viljelysesonki alkaa toukokuun alussa ja päättyy kesäkuun puoliväliin, tai viimeistään juhannukseen. Kesä- ja syysistutukset ovat nousseet pois marginaalista, mutta töiden tasaiseen jakautumiseen koko istutuskaudelle on vielä pitkä matka. Tilanne on tämä, vaikka töiden tasaisemmalla jakautumisella olisi monia teknis-taloudellisia etuja kuten istutuskoneiden kapasiteetin käyttöasteen nostaminen, ammattimaisen metsuriresurssin parempi riittävyys, toimihenkilötyön kuormittavuuden tasaaminen ja taimitarhojen kevätkiireen helpottaminen.

Töiden operatiivisen sujuvuuden näkökulmasta suurin kannuste istutustöiden tasaisempaan jakaumaan aiheutuu oksa- ja latvusmassan keräämisestä uudistushakkuualoilta. Ohjeena on, että kasoille hakatun oksa- ja latvusmassan on kuivuttava palstalla vähintään kolme viikkoa ennen kuin se voidaan metsäkuljettaa tienvarteen. Koska latvusmassa ei syys-toukokuussa palstalla kuivu ja toukokuussakin metsäkuljetusta vaikeuttaa usein huonokuntoisten teiden kelirikko, päästään syys-maaliskuussa (Huom! 7 kk aikajakso) hakattuja kohteita muokkaamaan ja istuttamaan vasta toukokuun loppupuolella. Näiden kohteiden osalta uudistamistöiden ketjussa yksikään lenkki ei saa pettää tai keväälle varatut taimet jäävät käsiin. Keväällä istutustöiden organisoinnissa on lisäksi huomioitava pakkasvarastoitujen taimien hallittuun sulatukseen vaadittava aika, joka on useimmissa taimiterminaaleissa riippuvainen myös vallitsevasta ulkolämpötilasta.

Kesällä ja syksyllä suurin haaste on hallitun taimihuollon järjestäminen. Taimet eivät saa olla suljetuissa laatikoissa kahta päivää pidempään, jotta paakut säilyvät märkinä ja taimet saavat tarvitsemansa valon. Taimitarhalta tulleet taimet pitääkin saada istutettua muutamassa päivässä. Kesällä ja syksyllä muokkausten organisointiin on kuitenkin paremmin aikaa ja ketju siten helpommin hallittavissa. Käytännössä kesä- ja syysistutusten yleistymistä jarruttaa voimakkaasti metsänomistajien ja metsäammattilaisten usko kevätistutusten muita ajankohtia parempaan onnistumistodennäköisyyteen. Viime vuosien vähälumisten talvien aikana syntyneet tuhot ovat osaltaan lisänneet kriittistä suhtautumista varsinkin männyn syysistutuksia kohtaan. Vaikka lopulliseen istutustulokseen vaikuttaneita tekijöitä on usein hankala jälkikäteen selvittää, kääntyy syyttävä sormi käytännössä helposti istutusajankohdan suuntaan.

Istutustöiden organisointia voisivat helpottaa kevät- ja syystaimien istutuskausien pidentäminen, uudet teknologiat oksa- ja latvusmassan korjuuhun, nykyistä nopeammat ja kustannustehokkaammat muokkaus- ja istutuskoneet ja työkalut taimien kunnon seuraamiseen reaaliajassa taimihuoltoketjun aikana. Varmasti monia muitakin operatiivista toimintaa helpottavia kehityskohteita löytyy. Viljelytöissä uudistamisen lopputulos ratkaisee, joten biologia asettaa aina reunaehdot uusien menetelmien kehittämiseksi. Tutkimus- ja kehitystyön tavoite pitää olla, että vähintään viiden kuukauden istutuskausi saadaan nykyistä tasapainoisemmin hyödynnettyä – ja mahdollisimman pienellä määrällä menetelmien, materiaalien ja teknologioiden variaatioita.

Metsänhoidon ekologinen kädenjälki

Pekka Kauppi

Helsingin yliopisto, Ympäristötieteiden laitos

pekka.kauppi@helsinki.fi

Tohtori Gregory Norris vetää Harvardin yliopiston tutkimusohjelmaa *Sustainability and Health Initiative for NetPositive Enterprise* (SHINE). Ohjelma arvioi, miten paljon yritysten toimenpideohjelmat kuluttavat luontoa (aiheuttavat ”ekologista jalanjälkeä”) ja miten paljon ne säästävät luontoa (tuottavat ”ekologista kädenjälkeä”). Lähtökohtana on, että kaikki hankkeet kuluttavat luonnonvaroja kuten energiaa ja raaka-aineita. Mutta useat hankkeet myös tuottavat myönteisiä tuloksia edistäen ympäristönsuojelua ja kestäväää kehitystä. SHINE-ohjelman kantava ajatus on ”*doing more good than harm*”.

Yhtenä esimerkkinä on uusiutuva energia. Yhteiskunta haluaa lisätä sen käyttöä muun muassa siksi, että uusiutuva energia – fossiilisesta energiasta poiketen – ei vähennä tulevien sukupolvien käytettävissä olevia energiavaroja. Uusiutuvan energian tuottaminen kuitenkin kuluttaa energiaa ja aiheuttaa erilaisia ympäristöhaittoja.

Energiatasetta voimme arvioida ENROI-menetelmällä (ENergy Return On energy Investment). Tässä esityksessä referoin metsäenergian ENROI-laskelmia ja tämän esimerkin avulla pohdin metsänhoidon ekologista jalanjälkeä/kädenjälkeä. Viitataan uusiin tutkimuksiin maailmakaupan välittämistä metsänhoidon myönteisistä ja kielteisistä ympäristövaikutuksista. Metsänhoidon ekologinen kädenjälki tunnetaan huonommin kuin hakkuiden, ojitusten ja vastaavien ilmeisesti näkyvien toimien aiheuttama ekologinen jalanjälki. Aiheesta tarvitaan uutta tieteellistä tutkimusta. Nykyisen tiedon varassa emme vielä pysty kovin hyvin vertaamaan metsänhoidon ekologista kädenjälkeä ja jalanjälkeä toisiinsa.

Miten metsäteknologia on rakentanut Suomen menestystarinaa?

Arto Rummukainen

Luonnonvarakeskus (Luke)

arto.rummukainen@luke.fi

Suomen tarina on alkanut metsässä ja Suomi elää edelleen vahvasti metsästä. Kirveen ja myöhemmin sahan avulla on hankittu kaikki elämisessä tarvittava puutavara: polttopuusta rakennuksiin, aidoista hevosajopeleihin, astioista kalanpyydyksiin. Oman käytön lisäksi asutuksen keskittyminen kyliin ja kaupunkeihin nosti esille puutavaran markkinoinnin ja kuljetuksen. Tervanvienti kehitti sen polton lisäksi vesikuljetuksia niin sisävesissä kuin merellä. Kaupunkien kasvu lisäsi markkinoita niin sahatulle tavaralle kuin polttopuulle. Sahojen jälkeen selluloosa ja paperitehtaat tarvitsivat puuta raaka-aineekseen ja kuljetuskeinoja tuotteiden markkinoille viemiseen.

Maatalouselinkeinossa metsää hakattiin aluksi omaan tarpeeseen, mutta sahojen ja sellutehtaiden myötä puutavarasta saatiin tuloja ja hakkuusta sekä kuljetuksesta tuli palkallista työtä. Pitkälle 1950-luvulle metsätyöt olivat kausiluonteista työtä niin hakkuun kuin kuljetuksenkin osalta. Maaseudun tilaton miesväestö ja osa maanviljelijöistä hevosineen olivat talvet hakkuilla ja kevät uitoilla. Asuttiin puoliksi maahan kaivetuissa kämpissä. Kirveet ja sahat kehittyivät paremmin työhön sopiviksi, kevyemmiksi ja terävämmiksi. Hevosten ajokaluston muoto ja rakenne kehittyi paikallisten olojen mukaan aina kevyemmäksi. Hevosteitä jäädytettiin suurempien kuormien takaamiseksi.

Sitten tuli moottorisaha hakkuuseen ja maataloustraktori metsäajoon. Pohjanmaalta lähdettiin traktorilla joulun jälkeen Lappiin puuta ajamaan, kevääksi sitten taas maatöihin. Moottorisahalla kaadettiin ja katkottiin rungot, mutta ne karsittiin edelleen kirveillä. Metsäkämpät olivat jo isoja taloja, joissa emännät tekivät ruuat. Teillä oli jo kauan ollut kuorma-autoja, jotka kuljettivat puutavaran pitemmällä matkoilla uittopaikoille, asemille tai käyttöpaikoille. Maaseudun väki alkoi siirtyä maataloudesta taajamiin ja Ruotsiin maa- ja metsätalouden töiden tehostuessa koneellistumisen myötä.

Ensimmäisiä kaato-, karsinta- ja juontokoneita käytiin katsomassa Pohjois-Amerikassa. Niiden ideoita soviteltiin sitten pohjoismaisiin oloihin. Ruotsissa rakennettiin ensimmäinen runko-ohjattava kuormatraktori hydraulisella kuormaajalla. Kaatokoneiden perässä tulivat suurille avohakkuille karsinta- ja katkontakoneet. Sitten työvaiheet yhdistettiin samaan koneeseen ja hetken päästä kaikki kuormaajan kouraan. Oltiin nykyisessä hakkuukoneen perusrakenteessa. Pienet ja suuret keksijät ja valmistajat kehittivät koneita ja menetelmiä monesti erehdyksen ja opin kautta. Hydraulikka on kaiken perusta, mutta ja pienetkin valmistajat saattoivat pärjätä ja tuoda markkinoille hyviä ratkaisuja.

Seitsemänkymmenluvun alusta kesti parikymmentä vuotta ennen kuin hakkuukoneet olivat valmiit hoitamaan kaiken hakkuun metsässä. Tällä välillä Ruotsi ”luovutti” merkittävän osan metsäkonevalmistuskapasiteetistaan ja kehittämisestä Suomelle. Suurimmat puutavaralajimenetelmän metsäkonevalmistajat ovat Suomessa. Meillä on kehitetty digitaalisia mittaus-, suunnittelu-, kaupankäynti-, ohjaus- ja automatisointijärjestelmiä tukemaan metsätaloutta. Suomessa on ollut metsiin ja metsätöihin liittyvää tutkimusta sadan vuoden takaisesta Metlan perustamisesta alkaen. Valtio ja yritykset ovat aktiivisesti osallistuneet työn ja työvälineiden/koneiden kehittämiseen ja tehokkaiden työtapojen koulutukseen aina viime aikoihin asti. Metsätyöntekijät ja sitten myös alan yrittäjät ovat olleet itsenäisiä ja kehittäneet omaa toimintaansa ja järjestelmiä.

Järjestelmän toimimiseksi on tarvittu paljon muutakin kuin koneita. Metsän ostajat, kauppatavat, korjuuyrittäjät, tieverkko ja monet muut asiat ovat muuttuneet ja muuttaneet toimintaolosuhteita paremmiksi. Suomessa pystytään käymään kannattavasti kauppaa niin pienistä leimikoista ympäri koko maan, että muualla vain ihmetellään. Metsiin liittyvät ohjelmistot ja metsäkoneiden valmistus tuovat vientituloja metsäteollisuustuotteiden viennin lisäksi. Mutta... kausiluontoisuus ei ole vielä kukaan poistunut metsätöistä. Sen haittojen vähentämisessä, isojen tietomäärien hyödyntämisessä ja monessa muussa meillä riittää vielä kehitystyötä tulevaisuuteenkin!

Improving Satisfaction in Wood Harvesting Services: Using the Triad Perspective to Tailor Business Practices to Industrial Context

Emanuel Erlandsson¹, Gun Lidestav¹, Urban Bergsten¹, Dag Fjeld²

¹Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Sweden; ²Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Norway

emanuel.erlandsson@slu.se

As for many other countries, Swedish forest companies have largely outsourced their harvesting operations to contractors. The role of contractors has become increasingly important for wood supply, especially for forest owners associations (FOAs) and other companies reliant on purchasing most of their wood from non-industrial private forest owners. Contractors are key actors for maintaining forest owner willingness to sell wood where success in purchasing also requires attractive service offers. As FOAs are owned by their members, they have a higher responsibility to offer services which satisfy forest owners' goals, while at the same time meeting industrial customer demands.

In this PhD work, two FOAs with fully outsourced harvesting services are investigated in order to explore the needs and possibilities to tailor business practices to increase the total success of service triads constituted of FOAs, forest owners, and contractors.

Process mapping was used to analyze the impact of industrial context on business activities for harvesting. The results revealed both differences in demand uncertainties and varying needs for production adjustments due to varying supply responsibilities. Regarding the two studied FOAs, one had its own sawmills and the other only supplied external mill customers. This gave rise to different needs for capacity flexibility, preferably met by corresponding proportions of short-term contracts. Many managers, however, perceived a shortage of contractors with the qualifications to fulfil all service requirements. In order to secure capacity and competence, these managers instead used large proportions (>90 %) of long-term contracts and satisfied flexibility needs by requesting the use of less specialized machinery among their contractors. Interviews, surveys and follow-up data were used to identify and analyze success factors for satisfaction within each group of the triad. Especially large variations were found among forest owners in both their assigned values to different service components and their perceptions of contractor performances. The results also revealed large discrepancies between currently applied follow-up parameters and parameters that respondents actually valued most. Specifically, parameters most important for contractors' satisfaction were different from parameters important for their profitability.

The PhD work develops a framework characterizing forest companies' main needs for tailoring their business practices based on different industrial contexts for sourcing and product/market, respectively, and the degrees of local competition for forest owners' deliveries and for qualified contractors. General needs and responsibilities for each of the three perspectives concerning service development are also described.

References

- Erlandsson E. (2013). The impact of industrial context on procurement, management and development of harvesting services: a comparison of two Swedish forest owners associations. *Forests*. 4(4): 1171-1198. <http://www.mdpi.com/1999-4907/4/4/1171>
- Erlandsson E. (2016). The triad perspective on business models for wood harvesting – tailoring for service satisfaction within forest owners associations. Doctoral dissertation no. 124. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*. <http://pub.epsilon.slu.se/13855/>
- Erlandsson E., Fjeld D., Lidestav G. (2017). Measuring quality perception and satisfaction for wood harvesting services with a triad perspective. *International Journal of Forest Engineering*. 28:18-33. <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1257304>
- Erlandsson E., Fjeld D. (2017). Impacts of service buyer management on contractor profitability and satisfaction – a Swedish case study. *International Journal of Forest Engineering*. Pp 1-9. <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1367235>

Possibilities to exploit Big data –applications in balancing seasonal variation of forest work

Jori Uusitalo, Jari Ala-Ilomäki, Matti Siren, Harri Lindeman, Kari Väättäinen
Natural Resources Institute Finland
jori.uusitalo@luke.fi

Forest work is traditionally disrupted by high seasonal variation. Mechanization of forest work has not expelled this tradition rather the trend has to certain extent enlarged. In Finland, logging volumes in winter time are much higher than in summer time. Machine utilization is especially low during spring thaw when wet conditions almost completely intercept logging and road transportation operations. This is very uneconomic for forest entrepreneurs and forest companies when expensive machine stands unused at the backyards of service halls. From forest workers point-of-view cease of normal working hours is very harmful due to decline of wage level. Moreover, it does not increase attractiveness of forest work among youngsters. The pronounced climatic change at high latitudes predicted to occur as a result of global warming is expected increase problems related to poor bearing capacity and terrain trafficability.

Big data –applications provide merging possibility to master challenges related to season variation. At large scale, forest soil can be classified into different trafficability classes based on deduction at what time of the year the site can be harvested without causing severe ground damages. When the moment of harvest is getting closer, additional analyses on actual bearing capacity may be examined with special dynamic trafficability maps that predict actual moisture content of soil based on weather conditions. These enables forest managers to post-poner the harvesting operation or proceed as planned. Accurate spatial predictions on soil wetness allow the harvester operators to find the most suitable routes for the main logging trail. Moreover, intelligent analyses of CAN bus protocol allows us to make rather accurate estimates on actual soil strength and enables forwarder drivers to choose an optimized set of routes so that all piles become collected, while resulting in the lowest possible terrain damage.

Modeling harvesters' productivity applying statistical machine learning methods to standard machine monitoring data

Paula Jylhä, Pekka Jounela, Markku Koistinen
Natural Resources Institute Finland (Luke)
paula.jylha@luke.fi

Harvesters' effective time consumption was analysed applying statistical machine learning methods to standardised operational machine monitoring data based on the Standard for Forest Data and Communications (2007). The data used in these analyses covered 715 thinning units (ca. 240 000 m³) and 503 final felling units (ca. 290 000 m³) harvested in 2014–2017 in Finland.

The operational and production data (drf and prd files) were sent directly from harvester's PCs or provided by the enterprises involved in the follow-up study. The data used in the analyses were compiled using a custom-made batch processing document parser with implemented processing capability for both standard and manufacturer specific variables. The predictors' impact on effective time consumption were estimated using linear support vector regression (SVR) weights and time consumption patterns were recognized using an array of statistical machine learning models; such as deep learning and gradient boosted tree models. The used models were validated and optimized using 10-fold cross-validation i.e. the model parameters were estimated by sequentially testing the model performance with 10 non-overlapping test sets and then, the model that tested the best were used with all data once.

In all, the machine monitoring data is comprised of 1740 logging units (ca. 680 0000 m³) obtained from 23 harvesters representing three size classes. The data will be used also for determining machine utilization, mechanical availability and other indicators describing operational efficiency of wood harvesting, and the results will be compared with earlier follow-up and time studies. The data enables also analysing of operators' performance.

References

Standard for Forest Data and Communication (2007).

http://www.skogforsk.se/contentassets/b063db555a664ff8b515ce121f4a42d1/stanford_maindoc_070327.pdf

Metsien käytön mahdollisuudet ja rajat

Olli Salminen

Luonnonvarakeskus (Luke)

olli.salminen@luke.fi

VMI12 ennakkotietojen mukaan puuston runkopuutilavuus on 2464 milj. m³ ja kasvu 109,9 milj. m³/v. Puuston tilavuus on kohonnut 1950-luvulta noin 60 % ja kasvu kaksinkertaistunut. Henttosen ym. (2017) mukaan, kun ojitus suljetaan pois tarkastelusta, ympäristötekijöiden (ilmasto, typpilaskeuma ym.) osuus kasvun lisäyksestä on ollut 37 % ja 63 % on perustunut puuston rakenteen, ikärakenne, keskitilavuus ja puulajisuhteet, muutoksiin ja puuston tilavuuden kasvuun eli kasvua pienempään poistumaan. Valtakunnan metsien inventointien metsävaratietojen perusteella tehdyt kehityslaskelmat (esim. Metsätalouden suunnittelukomitean ... 1961) osoittivat aikanaan keinot metsien puuntuotannollisen tilan ja hakkuumahdollisuuksien kohottamiseen ohjaamalla mm. puuston ikäluokka- ja puulajisuhteita. MERA kausien aikana 1960- ja 1970-luvuilla puuntuotannon kehittämissuunnitelmissa otettiin kantaa myös tarvittaviin metsänhoito- ja metsänparannustoimiin.

Huoli metsävarojen riittävydestä on pitkälti ohjannut metsäpolitiikkaamme ja sen mukaista panostusta puuntuotannon tehostamiseen. Kotimaisen raakapuun käyttö on kasvanut 1950-luvun 50 milj. m³/v nykyiseen 68 milj. m³/v. Viime aikoina esitetyt investointisuunnitelmat kasvattaisivat hakkuukertymää toteutumisasteesta riippuen 5–15 milj. m³/v; esim. energia- ja ilmastostrategiassa (2016) ennakoitua puunkäytöstä johdettu kotimaisen raakapuun tarve nousee vuoteen 2035 noin 80 milj. m³/v.

Luonnonvarakeskuksen MELA -ohjelmistolla VMI11 koeala- ja puutietoihin perustuen laskettu suurimman taloudellisesti ja puuntuotannollisesti kestävä runkopuun hakkuukertymäarvio (SK) vuosille 2011–2020 on noin 80 milj. m³/v nousten 2030-luvulla 85 milj. m³/v (<http://www.luke.fi/Mela-metsalaskelmat>). Metsänhoitosuosituksen sallimana, ilman kestävyys- tai taloudellisuusrajoitteita, voitaisiin hakata 135 milj. m³ runkopuuta vuodessa seuraavan 10 vuoden ajan.

MELA-ohjelmistolla laskettu SK-ratkaisu ottaa huomioon metsävarojen tilan ja kehitysdynamiikan, metsänhoitosuositukset, metsien suojelusta, muista käyttömuodoista ja säädöksistä aiheutuvat käytön rajoitukset sekä puuntuotannon ja -hankinnan kannattavuuden, mutta esimerkiksi metsille ilmastopuunoksissa asetetut hiilinielutavoitteet ovat puuttuneet. Laskelmaa on myös kritisoitu, ettei se sisällä puuntuotannollisen (sustained yield) kestävyuden lisäksi riittävästi sosiaalisen ja erityisesti ekologisen kestävyuden elementtejä.

MELA-laskelmalla tuotettu kestävä hakkuukertymäarvio ei kuitenkaan pyri olemaan toteutuvan tulevaisuuden ennuste eikä normatiivinen ohje vaan yksi vaihtoehtoinen skenaario hakkuuiden metsällisistä vaikutuksista. Toteutuneista hakkuista yksityismetsien osuus on ollut noin 85 %. Normatiivisia kestävyysrajoitteita ei eksplisiittisesti yksityismetsille ole asetettu, joten markkinoilla tarjottaviin puumääriin vaikuttavat periaatteessa vain metsänomistajien metsänomistukseensa kohdistuvat tavoitteet ja niissä tapahtuvat muutokset.

Viitteet

- Henttonen H.M., Nöjd P., Mäkinen H. (2017). Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory. *Forest Ecology and Management* 386: 22-36.
- Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 (2016). 68 s.
- Metsätalouden suunnittelukomitean mietintö. Komiteamietintö 1961:1 (1961). *Silva Fennica* 110.

Hakkuukoneen tuottaman runkoprofilitiedon hyödyntäminen tilavuus- ja runkokäyrämallien monitoroinnissa

Asko Poikela, Kirsi Riekkö, Juha-Antti Sorsa, Timo Melkas
Metsäteho Oy, Vantaa
timo.melkas@metsateho.fi

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää hakkuukonetiedon hyödynnettävyyttä metsävaratietojen päivityksessä ja kaukokartoituksen referenssitietona sekä luoda menetelmä ja laskentaruutiinit (C++) hakkuukoneella hakattujen puiden kokonaistilavuuden laskemiseksi. Menetelmässä hakattujen puiden kokonaistilavuus laskettiin sovittamalla jokaiseen hakatun puun runkoprofiiliin Laasasenahon (1982) runkokäyrä.

Tutkimusaineisto ($n_{\text{mänty}} = 90\,432$ kpl, $n_{\text{kuusi}} = 376\,474$) kerättiin vuosina 2015–2016 yhdeltä Suomen metsäkeskuksen Etelä-Suomen inventointialueelta. Leimikot ($n=464$) jakaantuivat ensiharvennus-, harvennus- ja päätehakkuuleimikoihin. Ennen varsinaista laskentaa hakkuukoneelta saadut STM- ja HPR tiedostot purettiin tietokantaan. Monihaaraiset rungot pyrittiin tunnistamaan jo purkuvaiheessa. Jokaiselle rungolle sekä monihaaraisen puun osarungolle generoitiin yksilöllinen tunnistenumero.

Laasasenahon runkokäyräpolynomi sovitettiin hakkuukoneen läpimitoista saatavaan runkoprofiiliin pienimmän neliösumman menetelmällä. Sovitus tehtiin jokaiselle rungolle erikseen. Hakkuukoneen tuottaman runkoprofiilin tyvi laskettiin tyvifunktion avulla perustuen 1,3 m korkeudelta kaatoleikkauksesta mitattuun läpimittaan (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 2006). Lähtötietoina sovituksessa käytettiin seuraavia muuttujia: puulaji, hakkuukoneen rekisteröimät läpimitat 10 cm välein ja rungon käyttöosan pituus sekä päättymisläpimitta. Sovituksen tuloksena saatiin jokaiselle rungolle ja rungon osalle (kanto, käyttöosa, latvaosa eli latvahukkapuu) sekä tilavuus- että pituusestimaatti.

Laasasenahon runkokäyrä ilmaistaan ns. Fibonaccin sarjana (polynomina) ja polynomin kerrointen $b_1 \dots b_8$ valtakunnalliset puulajikohtaiset arvot männylle, kuuselle ja koivulle on määritetty Laasasenahon väitöskirjassa koko Suomen kattavasta aineistosta. Tässä tutkimuksessa runkokohtaisesti sovitettavat muuttujat olivat puun pituus, kannon korkeus, läpimitta 20 % osakorkeudella, sekä polynomin kertoimet b_1 , b_2 ja b_3 .

$$f_b(x) = \frac{d_l}{d_{0,2h}} = b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^5 + b_5x^8 + b_6x^{13} + b_7x^{21} + b_8x^{34}, \text{ jossa}$$

$x = 1 - l/h$ (kannolla $x = 1$, latvassa $x = 0$)
 l = läpimittahavainnon etäisyys maasta
 h = puun pituus
 d_l = läpimitta korkeudella l
 $b_1 \dots b_8$ = puulajikohtaiset kertoimet

Hakkuukoneen runkoprofiiliin sovitetulla runkokäyrällä tuotettuja tilavuuksia voidaan verrata metsäinventoinnissa yleisesti käytettäviin tilavuus- ja runkokäyrämalleihin ja arvioida niiden tarkkuutta eri maantieteissä ja eri pituus-läpimittayhdistelmillä. Aineiston keruutapa on edullinen ja se tuottaa nopeasti suuria tietomassoja. Systemaattisen virheen todennäköisyys on tällöin hyvin pieni mutta se edellyttää, että analysointivaiheessa kiinnitetään erityistä huomiota aineiston rajauksiin. Tärkeintä on tunnistaa ja rajata pois monihaaraiset rungot sekä rungot, joissa käyttöosan pituus on erityisen lyhyt rungon laskennalliseen pituuteen nähden (esim. latvakatko puut). Nyt kerätyn aineiston avulla voidaan tarkastella tilavuus- ja runkokäyrämallien tarkkuutta eteläisimmässä Suomessa.

Tutkimus on osa MMM:n kärkihanketta, jossa selvitetään hakkuukonetiedon hyödynnettävyyttä metsävaratietojen ajantasaisuudessa ja kaukokartoituksen referenssitietona sekä pilotoidaan metsäkonetiedon välitystä keskitettyyn tietokantaan.

Viitteet

- Laasasenaho J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74s.
 Maa- ja metsätalousministeriön asetus hakkuukoneella valmistettavan puutavaran tilavuuden mittaamisesta koneen mittalaitteella nro 15/06. Dnro 926/01/2006. 18.4.2006

Näkökulmia metsätiedon keruuseen

Reijo Mykkänen

Bitcomp Oy

reijo.mykkanen@bitcomp.fi

Näkökulmia metsätiedon keruuseen: aihetta on hyödyllistä lähestyä metsätiedon käyttöä ja tiedonkäyttäjiä ajatellen. Tiedonkäyttäjillä on lähtökohtaisesti erilaisia tarpeita liittyen tiedon sisältöön, saatavuuteen, ajantasaisuuteen ja luotettavuuteen. Näin on myös metsätiedon osalta. Näihin tarpeisiin erilaiset tiedontuottajat pyrkivät omilla ratkaisullaan vastaamaan.

Tietosisällön, tiedon saatavuuden, ajantasaisuuden ja luotettavuuden ymmärtäminen asiakastarpeena on metsätiedon keruun ja -käytön peruslähtökohtia. Kuka tietoa käyttää ja mihin sitä tarvitaan? Kun tämä on tiedossa, metsätiedon keruuseen valitaan sopivimmat menetelmät, joita tiedontuottaja soveltaa.

Metsänomistajille tyypillisiä tietotarpeita ja päätöksentekotilanteita ovat: Paljonko minulla on metsää, mikä on omaisuuteni arvo? Myynkö puuta ja mistä? Myynkö koko metsätilan? Ostanko metsätilan? Enemmän luontoarvoihin suuntautuvia kysymyksiä ovat: Mistä löytyvät parhaat marja- ja sienimetsät? Missä ovat parhaat metsästysmaastot?

Puuta käyttävä teollisuus tarvitsee tietoa puuraaka-aineen saatavuudesta. Puukauppakohteesta tietoa tarvitaan puukauppatarjouksen tekemisen perustaksi. Mahdollisia erikoispuita ja erikoispuutavaralajeja käyttävä teollisuus näkisi mielellään sopivat kohteet karttanäkymässä saatavuustietoineen.

Retkeilijät, marjastajat, sienestäjät ja muuten luonnossa liikkujat muodostavat oman ryhmänsä. Heille tärkeää tietoa saattaa olla tieto elinympäristöistä, satoennusteista ja kulkureiteistä. Mikä on helppokulkuisin reitti marjastuspaikalle, josta jotain tietopohjaa käyttäen on laadittu satoennuste? Metsänavigaattori käyttöön?

Metsäpalveluiden tarjoajat tarvitsevat tietoa ennen kaikkea työkohteista. Tässä tietotarpeessa korostuu tiedon ajantasaisuuden merkitys. Ajantasaisuudessa on kaksi ulottuvuutta: ensinnäkin, miltä ajalta metsätieto on ja toiseksi, onko tietosisältöön päivitetty hakkuut ja hoitotyöt? Töitä on turha tarjota jo toteutetulle kohteelle.

Tiedontuottajan haaste tässä kokonaisuudessa on se, että millä menetelmällä tuotetaan riittävän luotettavaa tietoa kuhunkin tietotarpeeseen. Kun kyse on kaupanteosta eli puhutaan rahasta, maastossa käynti on monessa tapauksessa välttämätöntä. Maastokäynti on aina kallis, siksi kustannus-hyöty-ajattelu siinä erityisesti korostuu.

Millainen on tehokas maastokäynti metsätiedon keruuta ajatellen? Paras malli olisi sellainen, missä tiedonkeruualustaan (joka on käytännössä älypuhelin) ladattaisiin mahdollisimman pitkälle esitetyt tieto. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että erilaisista kaukokartoitusmateriaaleista on muodostettu metsäkuvioaineisto ja tälle kuvioaineistolle laskettu puustotunnukset puusto-ositteittain. Tässä mallissa kuviotiedon avaaminen, kuviorajojen tarkistus, puustotietojen korjailu ja täydennys ovat maastokäynnille sopivia toimenpiteitä.

Kun metsäammattilainen menee maastokäynnille, olisiko siellä mahdollista kerätä myös muuta tietoa, joka palvelisi operatiivista toimintaa? Tätä kysytään usein työn rationalisoinnin nimissä. Lisätiedon keruu toimii oikeastaan vain silloin kuin tiedonkeruun kohteessa myös jatkotyöt hoitaa tiedonkerääjän organisaatio. Muussa tapauksessa motiivia lisätiedon keruulle ei oikein ole.

On hyödyllistä pohtia myös sitä, mikä merkitys ja painoarvo voisi olla metsänomistajien ja retkeilijöiden tiedonkeruulla. Jokaisella on nykyään mobiilitiedonkeruuseen sopiva laite mukanaan, liikkuihan missä tahansa. Jos sopiva motiivi tiedonkeruulle löytyy (yleensä se on raha), tiedonkeruuaineistoa ja havaintoja kertyy valtavat määrät. Tässä oleellisia kysymyksiä ovat siis sopivan tiedonkeruumallin kehittäminen, motivointi ja tulosten analysointimenetelmien kehittäminen niin, että aineistosta saadaan hyöty irti.

Metsätiedon keruun ikuisuuskysymyksiä tuntuu olevan se, voidaanko maastokäynneistä luopua ja kaikki tiedon jalostaminen hoitaa toimistotöinä. Metsään pitää kyllä mennä jatkossakin, myös tietoa keräämään, mutta tehokkaamman esivalmistelun ansiosta käynnit voivat olla lyhyempiä ja tehokkaampia.

Virtuaalimetsän anatomia

Veikko Miettinen

Joensuun Tiedepuisto

veikko.miettinen@tiedepuisto.fi

Esityksessä käydään läpi, miten virtuaalinen metsä rakennetaan pelimoottorilla mm. metsäinventointidatan perusteella. Käsitteellä virtuaalinen metsä tarkoitetaan tässä esityksessä 3D-mallinnettua metsää, jossa käyttäjä voi liikkua vapaasti PC-tietokoneella.

Esityksessä käytetään esimerkkinä Joensuu Games -osuuskunnan Metsähallitukselle tuottamaa virtuaalimetsämallia Suomussalmen Syväjärvellä sijaitsevasta kohteesta. Projekti puretaan läpi työvaiheisiin ja niihin menetelmiin, joiden avulla se saatiin valmiiksi asiakkaalle.

Tämän jälkeen esitys jakaantuu seuraaviin aihealueisiin, joiden kautta käydään yksityiskohtaisesti läpi kaikki virtuaalisen metsän tuottamiseen liittyvät vaiheet:

Puulajit ja niiden variaatiot:

- Puiden mallintaminen ja tekstuurimateriaalin kuvaaminen
- Puiden optimointi ja LOD tasot (level of detail)
- Ongelmat: luonnon ääretön monimuotoisuus ja tietokoneen äärellinen kapasiteetti

Aluskasvillisuus ja metsätyypit:

- Ongelmat: pienten kasvien loputon määrä, poimitaanko syksyllä sieniä ja marjoja?
- Tekstuurimateriaalin kuvaaminen eri vuodenaikoina ja lumenpinnan korkeus

Kohteiden valaisuskenaariot:

- Reaaliaikainen vai esilaskettu valaistus, varjojen piirtoetäisyydet
- Eri sääskenaariot, vuodenaajat, efektit

Maaston pintamuodot ja tekstuurit:

- Korkeuskarttamateriaali, eri karttalähteet
- Maanpinnan eri tekstuurityypit ja niiden kuvaaminen

Metsien inventointidata ja sen käyttö:

- Käsityöstä automatisoituun tuotantoon?
- Lähdemateriaalin tulkitseminen
- Lidar- ja hilatiedot

Esitys ei ole luonteeltaan tieteellinen vaan erittäin käytännönläheinen. Esityksen jälkeen kuulijoilla on perustason ymmärrys tietokoneella tehtävästä 3D-visualisoinnista ja varsin tarkkaa erityistietämystä tekniikan soveltamisesta metsäkohteisiin.

Boreaalisten metsien spektritietokanta

Aarne Hovi¹, Pekka Raitio¹, Petri Forsström^{1,2}, Matti Möttö³, Miina Rautiainen^{1,2}

¹Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos; ²Aalto-yliopisto, Elektroniikan ja nanotekniikan laitos, ³VTT

aarne.hovi@aalto.fi, miina.a.rautiainen@aalto.fi

Tietoa puiden lehtien ja neulasten optisista ominaisuuksista (heijastus-, läpäisy- ja absorptiospektrit) tarvitaan mm. kaukokartoitusaineistojen tulkinnassa ja metsien energiataseen mallintamisessa. Boreaalisten puulajien osalta joitakin kansainvälisiä spektritietokantoja on olemassa, mutta niiden lajimäärä on rajoitettu tai spektrejä on kerätty vain rajatulle aallonpituusalueelle. Tutkimuksessamme (BOREALITY -projekti Aalto-yliopistolla) kerättiin tietokanta, joka käsittää 25:n boreaalisella vyöhykkeellä yleisen havu- ja lehtipuulajin spektrit. Näytteet hankittiin arboretumeista ja kasvitieteellisistä puutarhoista Helsingin seudulta. Aineistosta analysoitiin spektreihin vaikuttavia tekijöitä (puulaji, valo-olosuhteet, neulasten ikä ja kasvukauden vaihe). Tulosten perusteella kaikkien muiden paitsi valo-olosuhteiden vaikutus spektreihin on merkittävä. Kaukokartoituksen kannalta mielenkiintoista oli puulajien hyvä erottuvuus lyhytaaltoisen infrapunan (yli 1300 nm aallonpituudet) alueella. Mitatut spektrit viedään kansainväliseen avoimeen SPECCHIO -tietokantaan, jossa ne ovat alan tutkijoiden käytettävissä ja osaltaan paikkaavat puutteita olemassa olevissa tietokannoissa. Spektritietokannan lisäksi kehitämme uusia nopeita menetelmiä spektrien mittaukseen kenttäolosuhteissa, joiden testaus on käynnissä parhaillaan.

Metsästä yhteiskuntaan - Metsäntutkimuslaitos 1917 - 2012

Jaana Laine

Politiikan ja talouden tutkimuksen laitos, Helsingin yliopisto

jaana.laine@helsinki.fi

Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistettiin elokuussa 2014 tutkimushanke, jonka tavoitteeksi asetettiin Metsäntutkimuslaitoksen toimintaa selittävän historiateoksen kirjoittaminen. Hankkeen johtajana ja ohjausryhmän puheenjohtajana oli Erkki Kauhanen. Hankkeen edistymistä valvoneen ohjausryhmän jäseniä olivat tutkimusyllyjohtaja Johanna Buchert (1.1.2016 alkaen), professori (emer.) Matti Leikola, professori (emer.) Kari Mielikäinen, professori (emer.) Pekka Ollonqvist, dosentti Jyrki Paaskoski ja yksikönjohtaja Leena Paavilainen. Hankkeen tutkijaksi valittiin VTT, MMM Jaana Laine.

Tutkimushankkeen tavoitteena oli selittää, miten Metsäntutkimuslaitoksen organisaatio ja tutkimustoiminta muotoutuivat ja vastasivat eri aikakausina yhteiskunnassa esiinnousseisiin metsätieteellisen tutkimustiedon tarpeisiin. Tutkimuksen päätavoitteita olivat: 1) kuvata valtiiovallan ja yhteiskunnan muiden tahojen Metsäntutkimuslaitokseen kohdistamia tiedontarpeita, 2) selittää Metsäntutkimuslaitoksen tutkimustoiminnan suuntautumista sekä sen institutionaalista ja taloudellista ohjausta ja 3) arvioida, miten Metsäntutkimuslaitos on vastannut sille asetettuihin vaatimuksiin ja mikä on ollut Metsäntutkimuslaitoksen yhteiskunnallinen vaikuttavuus.

Tutkimuksen tavoitteet ja näkökulma siirsivät historiateoksen painopisteen yhteiskunnallisen tiedontarpeen ja Metsäntutkimuslaitoksen tuottaman tutkimustiedon rajapintaan ja kohtaamiseen. Ajallisesti tarkastelu painottui toisen maailmansodan jälkeiseen aikaan.

Historiateos rakentuu kronologisista pääluvuista, joiden sisällä tarkastellaan yhteiskunnan kehitystä, nostetaan esiin metsäntutkimuksen keskeisiä teemoja sekä selostetaan Metsäntutkimuslaitoksen hallintohistoriaa. Syyskuussa 2017 julkaistettu teos on suunnattu kaikille metsäalan ja metsäntutkimuksen historiasta kiinnostuneille.

Viite

Laine J (2017) Metsästä yhteiskuntaan - Metsäntutkimuslaitos 1917–2012. Metsäkustannus, Helsinki.

Nuoren radikaalin kaavailut Suomen metsätieteelliseksi tutkimuslaitokseksi

Matti Leikola

matti.leikola@kolumbus.fi

Marraskuun 2. päivänä 1906 Suomen Suuriruhtinaskunnan metsähallitus lähetti Senaatin kamaritoimituskunnalle kirjelmän, jossa se ehdotti että yliopiston dosentti A. K. Cajanderille myönnettäisiin 2 500 markan henkilökohtainen apuraha. Tarkoituksena oli, että Cajander tutustuisi ulkomaisiin metsätieteellisiin koelaitoksiin ja laatisi ”täydellisen ehdotuksen” vastaavan laitoksen perustamisesta Suomeen.

Vain 27-vuotias dosentti ryhtyikin heti työhön. Jo joulun jälkeen hän matkusti Müncheniin, missä hän perehtyi metsäntutkimuksen järjestelyä eri maissa käsittelevään kirjallisuuteen. Seuraavana kesänä Cajander matkusteli ahkerasti ympäri Eurooppaa ja tutustui henkilökohtaisesti kaikkiin yhdeksään Saksan eri osavaltioissa toimivaan metsäntutkimuslaitokseen sekä vieraili Itävalta-Unkarin, Sveitsin, Ranskan, Tanskan ja Ruotsin vastaavissa laitoksissa. Jo syyskuussa 1907 matkaraportti ja suunnitelma Suomen metsätieteellisestä koelaitoksesta olikin pääosin valmis, vaikka viimeistellyn painoasun se sai vähän myöhemmin liitteenä metsähallituksen vuoden 1907 vuosikertomukseen.

Eri tavoin järjestettyjen ja johdettujen tutkimuslaitosten vertailuun Cajander uhrasi runsaasti tilaa. Byrokraattisesti johdettujen ja tiukasti ministeriöiden ohjauksessa toimivien laitosten ohella oli myös hyvinkin vapaamuotoisina tutkimusakatemiaina toimivia, hallinnollisesta kontrollista vapaita tutkijayhteisöjä, joiden keskinäinen vertailu antoi Cajanderille oivallisen mahdollisuuden esittää omat käsityksensä parhaasta tavasta paitsi johtaa uutta luovaa tiedeorganisaatiota, myös keinoista innostaa ja rohkaista nuoria lahjakkaita metsänhoitajia antautumaan vakavissaan tieteen tekoon.

Pohdittuaan kysymystä, pitäisikö uuden tutkimuslaitoksen olla yliopiston vai metsähallituksen alainen, Cajander asettuu jälkimmäisen vaihtoehdon kannalle; kuitenkin siten että metsätieteellisen tutkimuslaitoksen tulisi olla täysin autonominen eli ”sisäisesti metsähallituksesta riippumaton”. Lempiajatuksensa itsenäisten tutkijoiden vapaasta tiedeakatemiasta Cajander toi esiin korostamalla tarvetta perustaa metsätieteellisen tutkimuslaitoksen rinnalle erityinen metsätieteellinen seura, jonka päätehtävänä olisi kotimaisen metsäntutkimuksen edistäminen. Vasta tällainen, pyrkimyksiltään ja luonteeltaan ikään kuin kolmijakoinen malli – yliopiston laitos, itsenäinen tutkimuslaitos sekä tieteellinen seura – voisi taata menestyksellisen metsätieteellisen tutkimustoiminnan harjoittamisen.

Uuden tutkimuslaitoksen hallinnosta vastaisi neuvosto, johon kuuluisivat laitoksen vakinaiset ja kutsutut tutkijat sekä assistentit. He myös ottaisivat ja erottaisivat laitoksen alemmat virkailijat. ”Vähemmän tärkeät, juoksevat tehtävät voidaan jättää johtajan, joka toimii myös kamreerina, yksin huolehdittaviksi”. – Tämä tehtävä olisi kolmivuotinen kunniatoimi, josta ei maksettaisi erityistä palkkiota.

Uuden tutkimuslaitoksen virkamiehistön muodostaisi kolme tutkijaa, joiden tutkimusaloina olisivat metsänhoito, metsien tuotanto ja metsämaaperäoppi. Heidän virka-arvonsa tsaristisen byrokratian neljätotoista-asteisessa hierarkiassa olisi seitsemännessä luokassa (mikä vastasi everstiluutnantin arvoa ja oikeutti hovineuvoksen titteliin). Assistentit olisivat kymmenennessä arvoluokassa (mikä vuorostaan vastasi luutnantin arvoa ja oikeutti kollegisihteen titteliin).

Metsien taloudellisen käytön tutkimus edistyvän puuntuotannon metsäpolitiikan tukena

Pekka Ollonqvist

pekka.ollonqvist@gmail.com

Metsien puuntuotannollinen kestävyys oli metsäpolitiikan päämääränä 1940-luvun puoliväliin. Julkista tutkimusrahoitusta ohjasi erityisesti metsäekonomiassa fysiokraateilta innoituksen saanut vapaiden markkinoiden tehokkuususkko. Metsäekonominen tutkimus rajoittui Metlassa tuolla kaudella puunkäytön yksityiskohtaiseen tilastointiin puutaseiden laskentaa varten.

Metsien talouskäytön tehostaminen nostettiin yhdeksi keskeisistä talouspolitiikan kansallisista päämääristä 1950-luvun alussa. Metsäekonomistit onnistuivat irtautumaan aiemmasta puuntuotannollinen kestävyden ajan sivustakatsojan roolista osallistumalla tutkimuksillaan edistyvän puuntuotannon metsäpolitiikan valmisteluun. Yksityismetsien osalta päätöksenteon vapautuminen eteni asteittain, ensin velvoitehakuista ja sitten asteittain raakapuukaupan säännöstelystä. Talouspolitiikkaan omaksuttu kokonaistaloudellinen suunnittelu ulotettiin metsätaloudessa metsien käytön moninaiseen tehostamiseen, ja sen rahoitus organisoitiin parlamentaarisen päätösareenan ulkopuolella. Metsäekonomian osaamisen kehittymiseen liittyi myös uusien työmuotojen ja kansainvälisen tutkimusyhteistyön omaksuminen. Tehokkaan puuntuotannon tutkimustiedon kysyntään voitiin vastata monipuolisella osaamisella. Ekonomian tutkimusjohdon ennakkoluulottomuus ja aktiivisuus mahdollisti 1960-luvulla politiikkavalmistelua tukeneen tutkimuksen Metlan organisaatiohierarkiasta huolimatta.

Metsäekonomian tutkimustuloksilla mutta myös tutkijoiden monitieteiseen tutkimustyöhön osallistumisella on ollut tärkeä osuus lineaarisesta optimointia soveltavien metsien suunnittelumallien kohdalla. Suunnittelumallien kehitystyö valtakunnan tasolta yksittäisten omistuskokonaisuuksien päätöksenteon tukeen olisi tuskin edennyt toteutuneella tavalla ilman Metlan metsäekonomistien kontribuutioita. Metsätalouden suunnittelua tukevien päätössääntöjen ja optimointien tutkimustulosten aktiivinen muuntaminen käytännön toimintamalleiksi on ollut kaksisuuntaista. Metsäekonomian menetelmäkehitys muun talouden kanssa rinnasteisena on tuonut mm. metsäkirjanpitoon tulosajattelua laajentaen kiinnostusta kannattavaan elinkeino- ja yritystoimintaan.

Markkinattomien hyötyjen sekä yhteisöomistusrasurssien arvottamisen tutkimuksissa on edetty tavalla, joka nyt tekee mahdolliseksi niiden vertaamisen markkinahintaisten tuotteiden ja palvelujen kanssa. Metsäekonomian tutkimusosastolla oli sekä teoreettista että empiiristä tutkimustietoa monimuotoisuuden ylläpidosta ja arvokkaiden luontokohteiden suojelusta, kun ne nousivat metsäpolitiikan valmisteluun poliittisella areenalla. Raha-arvojen sijaismittojen tuottaminen puuttuvien markkinoiden hyödyille käynnistyi monikäyttötutkimuksissa jo 1980-luvulla. Metsäekonomistien tutkimustyö on ollut tärkeässä asemassa Euroopan unionin maiden valmistautuessa ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävänsä metsäpolitiikan aikaan 1990-luvulla.

Raakapuumarkkinoiden voimakas suhdannevaihtelu muodostui metsäsektorin toimintaa haittaavaksi heti markkinasäännöstelyn päätyttyä 1950-luvulla. Puunmyyjien markkinakäyttäytymisen tutkimuksen ainutlaatuisen, säännöllisesti päivitetty empiirinen havaintoaineisto on ollut puuntarjonnan mallintajien käytettävissä. Tuotemarkkinoiden tutkimus on kehittynyt tärkeäksi tietolähteeksi sekä laadun että kattavuuden suhteen. Metlan markkinatutkimus kehittyi vähittäin tärkeimmäksi riippumatonta puu- ja tuotemarkkinatietoa tuottavaksi toimijaksi järjestöjen hintasopimusyhteistyön päätyttyä. Kysynnän, tarjonnan ja markkinoiden ekonometrinen tutkimus on ollut tärkeänä taustana Metsäsektorin ajankohtaiskatsaukselle, josta tuli yksi Metlan palvelutoiminnan avaintuotteista.

Viitteet

Metsä, yritys, yhteiskunta (1988) – Metsäekonomian tutkimusosasto 60 vuotta, Sevola Y (toim). METLAN metsäekonomian tutkimusosaston tiedonantoja 288

Metsästä markkinoille (1989) – Kanattavuus, rakennemuutos ja kilpailukyky metsätaloudessa ja metsäteollisuudessa. Tervo M & Valsta L (toim). METLAN metsäekonomian tutkimusosaston tiedonantoja 330

Metsäpolitiikka valinkauhassa (1993.) Palo M., Hellström E. (toim) METLAN metsien käytön osaston tiedonantoja 471.

Metsä, talous, yhteiskunta (2010) –katsauksia metsäekonomiseen tutkimukseen Sevola Y. (toim) Metlan työraportteja 145. www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp145.pdf

Puuntuotostutkimuksen tavoite: ”Mahdollisimman paljon järeää ja arvokasta mahdollisimman nopeasti”

Kari Mielikäinen

kari.mielikainen@gmail.com

Puuntuotostutkimuksen asema Metsäntutkimuslaitoksen itsenäisenä tieteenalana hyväksyttiin 1.3.1969, jolloin kasvu- ja tuotostutkimuksen ensimmäinen professori Yrjö Vuokila aloitti lähes 20 vuotta jatkuneen viranhoidonsa. Puuntuotoksen tutkimussuunta perustettiin virallisesti asetuksella vuonna 1976.

Tutkimussuunnan alkuvuosina laadittiin kasvu- ja tuotostaulukoita luonnonmetsille, talousmetsille, viljelymetsille ja vierasperäisille puulajeille. Jatkossa painopiste siirtyi taimikon käsittelyn sekä harvennus- ja uudistushakkuiden puuntuotannollisiin vaikutuksiin. Kolmas painoala, puuntuotannon kohottaminen, kehitti menetelmiä, joilla metsien puuntuotanto voitaisiin jopa kaksinkertaistaa aiemmasta. Tärkeimmät keinot olivat metsänviljely, rodunjalostus, lannoitus ja ojitus.

Puuntuotoksen maksimoimisen (mahdollisimman paljon) avaintekijät ovat puulaji ja puuston tiheys. Sotien jälkeen vajaatuottoisuutta aiheuttaneet väärän puulajin metsiköt eli lepiköt ja kuivan kankaan kuusikot saatiin ”kuriin” tutkimuksilla, jotka osoittivat viljelykuusikoiden ylivoimaisuuden viljavilla mailla ja männiköiden ylivoimaisuuden karuilla kasvupaikoilla. Kasvatusemetsien laaja-alaisen vajaapuustoisuuden paljastaneen tutkimuksen jälkeen kehitetyt, pohjapinta-alaan perustuvat harvennusmallit, mullistivat harvennusohjeet lähes yhtä radikaalisti kuin vuoden 1948 harsintajulkilausuma. Harvennusmallit pohjautuivat 1970-luvulla voimakkaasti laajennettuun harvennuskokeiden verkostoon ja sen pohjalta laadittuihin kasvumalleihin.

Lannoitus- ja ojituskokeet antoivat erityisesti 1980-luvulla panoksensa puuntuotoksen lisäämiseen tähtäävään käytännön ohjeistukseen. Viime vuosikymmeninä maanmuokkausmenetelmien kehitys ja geenetikkojen kanssa tehtävä yhteistyö ovat uusia keinoja puuntuotoksen lisäämiseen yli Vuokilan 30 vuotta sitten esittämän 100 miljoonan kuutiometrin kasvutavoitteen. Tämä tavoite saavutettiin lähes vuosikymmenen jälkeen.

Mahdollisimman arvokkaan puusadon avaintekijät ovat järeys ja puun tekninen laatu. Liian nopea alkukehitys on oksikkuuden ja puuaineen tiheyden riskitekijä. Männiköiden oksikkuutta vähentää taimikon riittävä alkutiheys, joka saavutetaan varmimmin luontaisella uudistamisella tai kylvöllä. Taimikon harvennuksen siirtäminen mahdollisimman myöhään parantaa laatua, mutta lisää hoitokustannuksia.

Harvennushakkuiden vaikutus puuston järeytymiseen on kaikilla puulajeillamme voimakas, mutta erilainen. Kokeiden mukaan harvennuksen viivästyminen hidastaa koivikon ja männikön järeytymistä selvimmin. Nuoret kuusikot järeytyvät voimakkaan ensiharvennuksen jälkeen erittäin nopeasti, mutta ne sietävät myös harvennusten viivästyistä muita puulajeja paremmin. Voimakkaat harvennukset eivät normaalisti heikennä puuaineen teknistä laatua, kuten eivät myöskään kasvatuslannoitukset. Ne päinvastoin parantavat laatua hidastaessaan vuosirenkaiden luontaista, iän ja metsikön tihenemisen aiheuttamaa kaventumista.

Puuntuotostutkimusta on arvosteltu siitä, ettei laskelmissa oteta huomioon taloudellisia tekijöitä, toisin sanoen aikaa ja rahan korkoa. Tämä ei pidä paikkaansa. Jo otsikon tavoite mainitsee määrän, laadun, arvon ja ajan. Puoli vuosisataa aktiivisesti harjoitetun puuntuotostutkimuksen tulokset on saatettu tilastollisten mallien muotoon ja istutettu Metlassa kehitettyyn MOTTI-simulaattoriin. Simulaattorilla on mahdollisuus ennustaa minkä tahansa käsitellyn tai käsittelemättömän metsikön tai metsäalueen kehitystä myös tulevassa ilmastossa. Näistä viimeksi mainittu tavoite edellyttää määrävälein mitattavan koealaverkoston ylläpitoa mallien kalibrointia varten.

Viitteet

- Hänninen T. (1974). Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. *Folia Forestalia* 208.
- Vuokila Y. (1983). Suomalaisen puuntuotostutkimuksen menneisyys ja tulevaisuus. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 89, Metsänarvioimisen tutkimusosasto, Puuntuotoksen tutkimussuunta. Helsinki 1983.