

METSÄSEKTORIN LAAJENEVAT VASTUUT

Metsät ja vesi



*Kansainvälinen ympäristö-
ja metsäpolitiikka
metsäsektorimme
toimintaympäristön
muovaajana*



*Ekosysteemipalvelut:
Mitä hyötyä
uudesta
käsitteestä?*



*Tutkittua tietoa
kannoista ja niiden
hyödyntämisestä*



*Bioenergian
haasteet taksaintoreille*



Metsätieteen päivä 26.10.2011: Metsäsektorin laajenevat vastuut

Aamupäivän yhteiskokous: Metsät ja vesi

Säätytalo, sali 15 (Snellmaninkatu 9-11, Helsinki)

8:15–9:00 Rekisteröityminen ja aamukahvi

9:00–9:10 Tervetuliaissanat, Suomen Metsätieteellisen Seuran varapuheenjohtaja Ari Laurén

9:10–10:00 Metsät osana veden kiertoa

Professori *Harri Koivusalo*, Aalto-yliopisto

10:00–10:20 Tauko

10:20–10:55 Vesi puupolttoaineessa – merkitys ja hallinta

Professori *Lauri Sikanen*, Itä-Suomen yliopisto

10:55–11:30 Metsät, vesi ja kestävä metsätalous

Professori *Markku Ollikainen*, Helsingin yliopisto

11:30–12:30 Lounastauko

Itäpäivän klubien sessiot ja posterisessio

Tieteiden talo (Kirkkokatu 6, Helsinki)

12:00–13:00 Rekisteröityminen

12:30–13:00 Posterisessio

13:00–14:00 Klubien sessiot (20 min esitys, 5 min keskustelu, 5 min sessionvaihtotauko)

14:00–14:30 Posterisessio ja kahvitauko, yleisöäänestys parhaasta posterista

14:30–15:30 Klubien sessiot jatkuvat (20 min esitys, 5 min keskustelu, 5 min sessionvaihtotauko)

Posterisessio

Sali 504

Postereiden tekijät ovat tavattavissa 12:30-13:00 ja sessioiden väliajalla 14:00-14:30. Lisäksi postereihin voi tutustua illallisbuffetin aikana.

Metsäbiologian kerho: Ekosysteemipalvelut: mitä hyötyä uudesta käsitteestä?

Sali 104

Ekonomistiklubi: Kansainvälinen ympäristö- ja metsäpolitiikka metsäsektorimme toimintaympäristön muovaajana

Sali 309

Taksaattoriklubi: Bioenergian haasteet taksaattoreille

Sali 404

Teknologiklubi: Tutkittua tietoa kannoista ja niiden hyödyntämisestä

Sali 505

Päätös ja buffetti

15:45–16:30 sali 104: Musiikkiesitys, parhaan posterin palkitseminen ja varapuheenjohtajan päätössanat

16.30–18 sali 504: Buffet ja iltatilaisuus

YHTEISKOKOUS: METSÄT JA VESI

9:10–10:00 Metsät osana veden kiertoa
Professori *Harri Koivusalo*, Aalto-yliopisto

10:00–10:20 Tauko

10:20–10:55 Vesi puupolttoaineessa – merkitys ja hallinta
Professori *Lauri Sikanen*, Itä-Suomen yliopisto

10:55–11:30 Metsät, vesi ja kestävä metsätalous
Professori *Markku Ollikainen*, Helsingin yliopisto

Metsät osana veden kiertoa

Harri Koivusalo

Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos

harri.koivusalo@aalto.fi

Borealisella vyöhykkeellä metsät peittävät suuren osan maa-alueista, mikä korostaa niiden merkitystä hydrologisessa kierrossa. Metsien merkitystä veden kierrossa voi tarkastella sekä laajassa mittakaavassa että paikallisessa yksittäisen valuma-alueen tai metsikön mittakaavassa.

Metsikön paikallisessa mittakaavassa metsätalouden toimenpiteillä on selkeä vaikutus vesitaseen komponentteihin, joihin lukeutuvat metsikkösadanta, evapotranspiraatio, valunta ja maaperään varastoitunut vesi. Kylmillä alueilla metsätaloustoimenpiteiden vaikutus ulottuu talvikauden lumiprosesseihin, jotka ovat tärkeitä kevätvalunnan ja –tulvien muodostumisen kannalta. Metsien hakkuu ja harvennus ovat toimenpiteitä, jotka muuttavat veden kiertoa vähentyneen latvuspidännän, pienentyneen transpiraation, kasvaneen lumen kertymisen, tehostuneen lumen sulannan ja kasvaneen valunnan myötä. Puuston poistaminen kokonaan avohakkuun yhteydessä muuttaa merkittävästi alueen mikrometeorologisia olosuhteita varjostusvaikutuksen poistumisen takia, mikä johtaa muutoksiin myös aluskasvuston lajistossa. Hakkuiden jälkeisen metsänuudistamisen yhteydessä tehdään maanmuokkauksia, jotka edelleen häiritsevät pintakasvillisuuden evapotranspiraatiota. Istutetun tai kylvetyn puuston kehittyminen muuttaa veden kiertoa asteittain, jolloin latvuspeittävyys, interseptio, metsäpinnan karkeus ja evapotranspiraatio lisääntyvät ja valunta pienenee.

Suomessa suometsät muodostavat merkittävän ja erityisen maankäyttömuodon, sillä noin puolet maan 9 miljoonasta suohehtaarista on ojitettu metsätaloutta varten. Ojitus on muuttanut alkuperäisen suon vesitasetta lisäämällä alueen hydrologista aktiivisuutta ja lyhentämällä keskimääräistä veden virtausmatkaa vastaanottavaan vesistöön. Vaikka ojituksen vaikutuksesta hydrologiaan löytyy ristiriitaista tietoa ja vaikutukset todetaankin olevan paikkakohtaisia, yleisesti ojituksella on lyhytaikaisia ja pitkäaikaisia vaikutuksia veden kiertoan. Ojituksen lyhytaikaisia vaikutuksia ovat valunnan lisääntyminen suolle varastoituneiden vesien purkautuessa tehokkaammin ja evapotranspiraation vähentyminen kosteisiin olosuhteisiin sopeutuneiden kasvilajien väistyessä. Pitkäaikaisvaikutukset määräytyvät ojituksen jälkeisen puuston kasvumuutosten kautta. Jos suopuusto elpyy ja saavuttaa korkean latvuspeittävyuden, interseptio ja evapotranspiraatio kasvavat, mikä johtaa ajan kuluessa valunnan pienentymiseen. Joissakin tapauksissa liikakosteus ja puutteellinen kuivatus eivät ole ainoat suopuuston kasvua rajoittavat tekijät, jolloin ojitus yksinään ei saa aikaan merkittävää puuston kasvun elpymistä. Tässä tapauksessa ojitus johtaa valunnan pitkäaikaiseen lisääntymiseen. Pitkäaikainen valunnan lisääntyminen voi tapahtua myös kuivatettaessa soita, joissa suoekosysteemiä ylläpitävä liikavesi on peräisin pohjaveden paineellisesta purkautumisesta ja ojitus avaa uusia reittejä pohjaveden purkautumiselle pintavesiin.

Suomessa uudisojituksia ei enää tehdä ja olemassaolevissa suometsissä tavoitellaan kuivatuskyvyn ylläpitämistä kunnostusojitusten avulla. Kunnostusojituksella on veden kiertoan uudisojitusta vähäisempi vaikutus, joskin selviä vaikutuksia vesitaseeseen on odotettavissa kohteilla, jossa ojien kokoa ja syvyyttä muutetaan kunnostusojituksen yhteydessä suuremmiksi kuin alkuperäisessä ojasossa. Suometsiköiden koealueilla tehdyt vesitasemittaukset osoittavat, että kehittyneellä suopuustolla voi olla merkittävä rooli vesitaseessa puuston evapotranspiraation kautta. Silloin kun puusto haihduttaa vettä tehokkaasti, se ehkäisee kasvukaudella liiallisen kosteuden kertymistä ja vastaavasti vähentää kuivatuksen merkitystä metsikön vesitaseessa. Samalla pienenee myös tarve kuivatusojaston kunnostusojituksille.

Metsätalouden vaikutus veden kierrossa tulee selvästi esiin paikallisessa metsikön tai pienen valuma-alueen mittakaavassa. Koska vuotuiset käsittelypinta-alat ovat laajassa mittakaavassa pieniä, metsätalouden vaikutukset eivät tule yhtä selkeästi esiin tarkasteltaessa isoja vesistöjä. Pohjoisilla leveyasteilla suurimmat vuotuiset vesistötulvat ovat tyyppillisesti kevätajan lumien sulamisen seurauksena. Suurimpien valuntatapahtumien yhteydessä vesivarastot maa-alueilla ja vesistöissä täyttyvät ja saavuttavat usein suurimmat arvonsa riippumatta maankäyttötyypistä. Keski-Euroopassa tehtyjen tutkimusten mukaan vesien pidättämisellä metsäalueille voidaan selvimminkin vaikuttaa keskisuuriin tulviin, mutta vähemmän suurimpiin tulvatapahtumiin. Suurimpien tulvien hallinta on vesistöissä tehokkainta patoaltailla luodun tulvaveden varastotilan kautta.

Metsien merkitys veden kierrossa saa uuden näkökulman, kun vesitasetta tarkastellaan laajalla, esimerkiksi kokonaisen meren valuma-alueen, tasolla. Tällöin veden kierron tarkasteluun voidaan ottaa mukaan sadannan lähdealueet, eli mm. metsäalueiden evapotranspiraation kytkeä sadannan muodostumiseen. Ilmastomallien hydrologisten osamallien kehittymisen myötä laaja-alaisia vesitaseen ja veden kiertokulun tarkasteluja yli koko hydrologisen kierron maa-alueilta ja meristä ilmaan ja takaisin on mahdollista toteuttaa laskennallisesti.

Vesi puupolttoaineessa - merkitys ja hallinta

*Lauri Sikanen, Itä-Suomen yliopisto
lauri.sikanen@uef.fi*

Metsäbiomassan merkitys energian tuotannossa kasvaa koko ajan. Erityisesti kasvaa biomassan suora energiakäyttö, eli polttaminen lämmöksi ja jatkojalostaminen sähköksi. Biomassa ei Suomen olosuhteissa ole todellakaan mitään ”kuiva-ainetta”. Kasvava puu sisältää vettä yleensä noin 45-60% kokonaismassasta ja talviaikaan voi energialaitokselle kuljetettu energiapuu sisältää vettä jopa 70%. Vesi on huono polttoaine, eikä sitä missään tapauksessa kannata kuljettaa paikasta toiseen. Erityisesti kuljetustalouden näkökulmasta tilanne onkin ongelmallinen. Suomalainen rekka-auto saa painaa maksimissaan 60 tonnia täydessä kuormassa. Nettohyötykuormaa tästä on yleensä 33-35 tonnia. Jos hyötykuorman kosteusprosentti on 50, on todellista polttoainetta kuormasta vain noin 17 tonnia. Jos kosteusprosentti on hankintaketjun hyvällä hallinnalla saatu pudotettua noin 30 prosenttiin, nousee hyötykuorman osuus jo noin 24 tonniin. Ero on selkeä. Myös hakkeen tilavuuspaino muuttuu kosteusprosentin myötä. Jos kuljettaja ei halua ottaa ylikuorman riskiä, hän ei voi edes hyödyntää määrällä hakkeella koko kuljetuskalustonsa hyötytilavuutta. Painoraja tulee vastaan ennen kuin kontit ovat täynnä.

Kokonaisuus alkaa hahmottua vasta kun lasketaan kuinka paljon kuljetussuoritetta, siis kustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä, aiheutetaan tiettyä energiantarvetta tyydytettäessä. 170 000 MWh vuodessa voisi olla jonkun suomalaisen taajaman CHP-laitoksen puupolttoaineen tarve. Jos hake toimitetaan 45 prosentin kosteudessa, joudutaan ajamaan parisataa toimitusta enemmän, aiheutetaan 90 000 euroa enemmän kustannuksia ja 150 tonnia enemmän CO₂ -päästöjä verrattuna tilanteeseen jossa hakkeen kosteus olisi noin 30%. Metsäbiomassan kosteuden hallinta on siis saatava osaksi hankintaketjun ohjausta.

Ainahan voisimme sanoa että biomassan pitää olla tienvarsivarastossa vaikkapa kaksi vuotta ennen kuin se haketetaan ja kuljetetaan, mutta hankintamäärien kasvaessa myös varastoihin sitoutunut pääoma on huomioitava. Jos puu todellisuudessa kuivuu käyttökosteuteen muutamassa kuukaudessa, ei puuta kannata seisottaa varastossa vuosikausia. Suomalainen metsäteollisuus on tottunut puunhankinnassa viimeisen 20 vuoden aikana varastojen minimointiin ja nopeisiin hankintaketjuihin. Metsäpolttoaineissa on opetettava ”sopiva” varastointi ja varastoinnin tuotetta ”jalostava” vaikutus. Tutkijoiden on puolestaan kehitettävä ratkaisuja, joissa tunnettu puun kuivumisen nykyistä paremmin ja osamme yhdistää kuivumisen vallinneen sään vaihteluihin, ja tämän kaiken on oltava osa internet-pohjaista energiapuun hankinnan ohjausta.

Metsät, vesi ja kestävä metsätalous

Markku Ollikainen

Ympäristöekonomian professori, Helsingin yliopisto

Suomi on varsin aktiivinen toimija vesiensuojelukysymyksissä, erityisesti Itämeren suojelussa. Tähän saakka vesipolitiikan pääkohteina ovat olleet yhdyskuntajätevedet, muut pistekuormittajat ja lisääntyvästi maatalous, jonka suojelutoimia tuetaan voimaperäisesti maatalouden ympäristöohjelmalla. Euroopan Unionin vesiputedirektiivin toteuttamisen myötä on voimistunut vaatimus siitä, että myös metsätalouden on kannettava osuutensa vesien suojelusta. Tarkastelen tässä esityksessä, kuinka perusteltu tällainen vaatimus on ja kuinka metsätalouden vesiensuojelua tulee edistää taloudellisen tarkastelun valossa. Tarkasteluni jää väistämättä fragmentaariseksi, sillä metsäekonominen tutkimus teemasta on vasta aluillaan, kuormituksen luonnontieteellinen tutkimusta on tehty pidempään.

Aloitin kuitenkin korostamalla metsätalouden tuottamia vesistöhyötyjä. On pitkään tiedetty, kuinka tärkeitä metsät ovat vesitalouden säätelyssä. Metsät tasaavat tulvia, suodattavat vesiä, ylläpitävät ja suojelevat pohjavesivarantoja. Metsätalous siis tuottaa positiivisia ulkoisvaikutuksia, joista hyötyvät muun muassa maatalous ja yhdyskunnat. Huolimatta siitä, että nämä hyödyt on tunnistettu jo pitkään, niille on harvemmin asetettu arvoa keskusteltaessa metsätalouden toiminnasta ja maankäytön ratkaisuista metsätalouden, maatalouden ja yhdyskuntarakentamisen rajapinnoilla. Metsien positiivisten ulkoisvaikutusten sivuuttamisen vuoksi metsätalouden pinta-ala on supistunut muiden maankäyttömuotojen hyväksi enemmän kuin olisi ollut yhteiskunnan kannalta optimaalista.

Metsätalouden kuormitus aiheuttaa negatiivisen ulkoisvaikutuksen, mikä itsessään on aina peruste pohtia ympäristöllisen ohjauksen tarpeellisuutta, voimaperäisyyttä ja ohjauskeinoja. Jotta saataisiin perspektiiviä metsätalouden rooliin kuormittajana, on hyvä suhteuttaa aluksi metsätalouden kokonaiskuormitus muihin sektoreiden kuormitukseen.

Metsätalouden ravinnekuormitus koko maan tasolla vuonna 2008 olivat Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan 231 tonnia fosforia ja 3 253 tonnia typpeä vuodessa. Luvut ovat erittäin alhaiset, jos vertaamme niitä vaikkapa toiseen hajakuormittajaan, maatalouteen, jonka kuorma vuonna 2008 oli 2 750 tonnia fosforia ja 39 500 tonnia typpeä. Fosforikuorman osalta metsätalous on lähellä yhdyskuntajätevesikuormitusta (196 tonnia), mutta typpikuorman osalta metsätalous alittaa selvästi yhdyskuntajätevesien kuormituksen (11 118 tonnia). Metsätalouden kuormituksen osuus ihmisperäisestä kuormasta on koko maan tasolla 5.6 % fosforikuormasta ja 4.4 % typpikuormasta. Metsätalouden kuormituksen suhteellinen osuus kasvaa alueellisesti siirryttäessä etelästä pohjoiseen, jossa metsätalouden rooli voi nousta jopa 30 prosenttiin kuormituksesta.

Metsätalouden sisällä kuormitusta aiheuttavat erityisesti kunnostusojitus; auraus ja mätästys; äestys ja laikutus sekä lannoitus (Kenttämies & Mattsson 2006, Finer ym. 2010). Metsätalouden keinoja kuormituksen laskemiseen puolestaan ovat suojavyöhykkeiden perustaminen hakkuualueen ja vesistöjen väliin päätehakkuun yhteydessä, laskeutusaltaiden ja suotautumisalueiden perustaminen ojituksen yhteydessä sekä siirtyminen hitaasti liukenevien fosforilannoitteiden käyttöön lannoituksessa. Metsätaloustoimien aiheuttamat ominaishuuhtoumat ovat merkittävästi suuremmat turvemaille perustetuilta suometsiltä kuin kivennäismailta. Huuhtoumat ovat kuitenkin pieniä ja ajallisesti rajoitettuja. Finer ym. (2010) arvioi, että esimerkiksi metsänuudistaminen aiheuttaa turvemaille kymmenen vuoden kuluessa 25.9 kg typpihuuhtouman ja 0,64 kg fosforihuuhtouman hehtaaria kohden, kunnostusojituksesta johtuvan kiintoainehuuhtouman ollessa selvästi suurin vesistövaikutusten lähde. Vertailun vuoksi mainittakoon, että maataloudesta huuhtoutuu vuosittain noin 1 kg fosforia ja 15 kg typpeä hehtaarilta.

Ravinnehuuhtoumista koituu haittaa vesistöihin. Kuinka suuri haitta on, riippuu vastaanottavan vesistön koosta ja herkkydestä sekä ihmisten veden laatua ja akvaattisia ekosysteemejä koskevista arvostuksista. Faustmannin kiertoaikamalli voidaan luontevasti laajentaa ongelman tarkasteluun (Miettinen ym. 2011). Huuhtoumahaittaa syntyy mallissa, koska päätehakkuun jälkeen metsämaa on paljas, mikä nostaa huuhtouman luonnonhuuhtoumaa korkeammaksi. Mallissa osa metsämaasta voidaan kohdistaa hakkuiden ulkopuolelle suojakaistaksi, sitomaan hakkuualalta huuhtoutuvia ravinteita. Yhteiskunnallisesti optimaalinen

kuormituksen vähennys määrittyy yhtäläistämällä kuormituksen rajoittamisesta koituva rajahyöty (haitan lasku) suojelusta koituviin rajakustannuksiin, jotka syntyvät hakkuutulojen menetyksestä. Kvalitatiivinen analyysi osoittaa, että optimiratkaisussa tendenssinä on pidentää kiertoaikaa haittojen lykkäämiseksi ja luoda suojakaistaa rajoittamaan kuormitusta.

Kvantitatiivisesti optimiratkaisu riippuu tarkastelun mittakaavasta. Jos tavoitteena on Itämeren suojelu, on luontevaa soveltaa tarkasteluun lineaarista rajahaittaa ja käyttää estimaattina meriveden laatua koskevia arvottamistutkimuksia (esim. Gren 2001 ja Kosenius 2010). Osoittautuu, että Itämeren suojelun mittakaavassa kiertoaikojen pidentäminen tai suojakaistojen perustaminen päätehakkuun yhteydessä ei ole yhteiskunnallisesti perusteltua. Hakkuiden aiheuttama kuormitushaitta on yksinkertaisesti pieni verrattuna siihen kustannukseen, joka syntyy taloudellisesti arvokkaan päätehakkuukypsän metsän jättämisestä koskemattomaksi suojakaistaan. Jos sen sijaan otetaan huomioon kuormituksen rajoittamisen ohella myös suojakaistan tarjoamat monimuotoisuushyödyt, niin suojakaistan perustaminen tulee yhteiskunnallisesti kannattavaksi. Kääntäen, optimiratkaisu osoittaa epäsuorasti, että vähennys Itämeren kuormitukseen tulee hakea sektoreilta, joilla rajakustannukset ovat merkittävästi metsätalouden kustannuksia alhaisemmat, kuten kustannustehokas vesiensuojelupolitiikka edellyttää.

Metsätalouden vesistöhaittojen merkitys kasvaa, kun tarkastelun mittakaavaa supistetaan herkkiin järviin, puroihin ja latvavesille. Tutkimusten mukaan näissä vesissä metsätalous voi muuttaa merkittävästi veden laatua, vesiekosysteemien toimintaa sekä esimerkiksi lohikalojen lisääntymismahdollisuuksia. Ravinteiden ohella kiintoainehuuhtouma on tärkeä, sillä se liettää pohjia. Pienvesissä myös rantapuustolla on merkittävä rooli akvaattisen systeemin toimintaan, joten vesiensuojelutoimenpiteiden tarpeellisuus lisääntyy. Valitettavasti meillä ei ole riittävästi tutkimustietoa pienvesistä, kiintoaineen käyttäytymisestä, eikä pienvesiin kohdistuvasta arvostuksesta. Nyt metsätalouden vesiensuojelupolitiikka erilaistuu alueiden herkkyyden mukaan. Millaiselta politiikan tulisi näyttää, on tietojen puuttuessa yksityiskohdiltaan avoin. Tämä on tärkeä mutta kompleksinen tutkimussuunta metsien vesitutkimuksissa.

Lähteet

- Finer L, Mattsson T, Joensuu S, Koivusalo H, Lauren A., Makkonen T., Nieminen M., Tattari S., Ahti E., Kortelainen P., Koskiaho J., Leinonen A., Nevalainen R., Piirainen S., Saarelainen J., Sarkkola S. ja Vuollekoski M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristö 10/2010.
- Gren, I-M., 2001. International versus national action against pollution at the Baltic Sea. *Environmental and Resource Economics* 20, 41-59.
- Kenttämies K. ja Mattson T. 2006. Metsätalouden vesistökuormitus. Suomen ympäristö, No 816.
- Kosenius A-K. 2010. Heterogenous preferences for water quality attributes: The Case of eutrophication in the Gulf of Finland, the Baltic Sea. *Ecological Economics* 69, 528-538.
- Miettinen J., Ollikainen M., Finer L., Koivusalo H., Lauren A. ja Valsta L. 2011. Diffuse load abatement with biodiversity co-benefits: the optimal rotation age and buffer zone size. *Forest Science*, Forthcoming.

SUULLISET ESITYKSET

Ekosysteemipalvelut: mitä hyötyä uudesta käsitteestä?

13:00-13:30 Ekosysteemilähestymistapa ekosysteemipalvelujen turvaajana
Marjatta Hytönen

13:30-14:00 Metsäalan kompastuskivi – ymmärretäänkö mitä käsite palvelu tarkoittaa?
Sami Berghäll, Tiina Tanninen-Ahonen, Mikko Tervo

14:30-15:00 Haasteita ja mahdollisuuksia metsien ekosysteemipalveluiden arvottamisessa
Paula Horne, Matleena Kniivilä ja Emmi Haltia

15:00-15:30 Ekosysteemipalveluiden näkökulma ohjaa valtion metsien hoitoa ja hyödyntämistä -
Metsähallituksen uusittu metsätalouden ympäristöopas
Jussi Päivinen, Niklas Björkqvist, Lauri Karvonen, Maija Kaukonen, Kirsi-Marja Korhonen, Panu Kuokkanen, Hannu Lehtonen ja Arto Tolonen

Kansainvälinen ympäristö- ja metsäpolitiikka metsäsektorimme toimintaympäristön muovaajana

13:30-14:00 Puun monipuolinen jalostus on ratkaisu ilmastokysymykseen
Karoliina Niemi

14:30-15:00 Globaalistaminen ja Suomen metsäsektori: uhkat ja mahdollisuudet
Matti Palo

Bioenergian haasteet taksattoreille

13:00-13:30 Biomassan estimointi laseraineiston, ilmakuvioiden ja maastomittausten perusteella
Reija Haapanen, Sakari Tuominen ja Risto Viitala

13:30-14:00 Laskennallinen menetelmä puun biomassan ja oksien kokojakauman määrittämiseen
laserkeilausdatasta
Pasi Raumonon, Mikko Kaasalainen, Markku Åkerblom, Sanna Kaasalainen, Jari Liski ja Anna Repo

14:30-15:00 Kehittyvä puun mallinnus ja laskenta
Jouko Laasasenaho

15:00-15:30 Lehdettyään aikaan keilatun laseraineiston soveltuvuus puulajiryhmätasolla tehtävään metsien
inventointiin
Maria Villikka

Tutkittua tietoa kannoista ja niiden hyödyntämisestä

13:00-13:30 Kantobiomassan määrän mallintaminen leimikoissa hakkuukonemittausten avulla
Heikki Ovaskainen, Pirkko Pihlaja ja Teijo Palander

13:30-14:00 Kannot – puunkorjuuta pintaa syvemmltä
Juha Laitila

14:30-15:00 Energiakäyttöön nostettujen kuusen kantojen kosteus
Jussi Laurila ja Risto Lauhanen

15:00-15:30 Kanto- ja juuripuun kaukokuljetuksen kustannusrakenne
Teijo Palander, Jaska Salonen ja Heikki Ovaskainen

Ekosysteemilähestymistapa ekosysteemipalvelujen turvaajana

Marjatta Hytönen, Metsäntutkimuslaitos
marjatta.hytonen@metla.fi

Historiaa Ekosysteemilähestymistapa (the ecosystem approach) on YK:n biodiversiteettisopimuksen toimeenpanon ja seurannan yhteydessä 2000 -luvulla kehitetty käsite. Ekosysteemipalvelu -käsitettä on käytetty tutkimuksissa ja muissa yhteyksissä jo ennen 1990 -lukua, ja sen hyödyntäminen on lisääntynyt kiihtyvällä vauhdilla vuonna 2005 ilmestyneen Vuosituhannen ekosysteemi-arvioinnin seurauksena.

Ekosysteemilähestymistavan tavoitteena on maa-alueiden, vesistöjen ja elollisten luonnonvarojen yhteensovittava suojelu, hoito ja kestävä käyttö. Lähestymistavan keskeinen periaate on ekosysteemien toimintakyvyn suojelu, jotta niiden kyky tuottaa ihmisten ja luonnon hyvinvoinnin kannalta merkittäviä palveluja säilyy.

Hyöty Ekosysteemilähestymistapa on yhteensovittava yhteiskunnallinen viitekehys ekosysteemipalveluille ja niiden sosiaalisille, ekologisille ja taloudellisille ulottuvuuksille. Se helpottaa luonnonvaratalouden kokonaisvaltaista, kattavaa ja systemaattista tarkastelua. Oppimista ja jatkuvaa kehittymistä tukevat käytännöt ovat sen keskeisiä elementtejä. Se tarjoaa välineitä esimerkiksi kestävän metsätalouden periaatteiden toteuttamiseen käytännössä, erityisesti yhteiskunnallistamalla kestävyysajattelua.

Käytäntö Suomeen käsitettä on jalkauttanut ensisijaisesti ympäristöhallinto. Vähitellen sen käyttö on yleistynyt sekä metsäalalla että muilla biotalouden osa-alueilla. Valtakunnan tasolla kansallisessa metsäohjelmassa sitoudutaan ekosysteemilähestymistapaa toteuttavan kestävän metsätalouden harjoittamiseen. Sitä on hyödynnetty myös Suomen suostrategian yhtenä viitekehystenä. Valtion mailla Metsähallitus soveltaa ekosysteemilähestymistapa -käsitettä sekä suojelualueiden hoito-ohjeissa että talousmetsien ympäristöoppaassa; suojelualueilla ohjeistus painottaa yhteiskunnallisia kytkeitä ja talousmetsissä korostuu ekosysteemipalvelujen turvaaminen. Yksityismetsiä koskien käsitettä on käytetty vähemmän. Metsäalan lisäksi käsite on vahvasti esillä Itämeren suojelun ja käytön strategioissa.

Tutkimus Ekosysteemilähestymistapa on käytännöllinen julkisen hallinnon toimintaan liittyvä käsite. Metsään liittyen käsitettä hyödyntävää selvitystyötä on tehty Metlassa ja SYKE:ssä. Vastaavia teemoja on selvitetty teoreettisemmin myös muissa organisaatioissa ja muita käsitteitä, kuten esimerkiksi sosioekologiset järjestelmät, hyödyntäen. Hyvän perustan ekosysteemilähestymistavan soveltamiselle metsäntutkimuksessa tarjoaa metsien monikäytön pitkä ja monipuolinen tutkimusperinne. Ekosysteemilähestymistapa laajentaa monitavoitteisen metsätalouden tematiikkaa sekä säätely- ja tukipalveluihin liittyvillä ekologisilla ulottuvuuksilla että yhteiskunnallisilla ja metsäpolitiikan tutkimukseen liittyvillä kysymyksillä.

Yhteenvetoa Ekosysteemilähestymistapa on esimerkki käsitteestä, jonka tunnetuksi tekeminen sekä hallinnon että käytännön toimijoille on johtamassa konkreettisiin uudistuksiin ja toimintatapojen muutoksiin sekä metsä- että merialueiden hoidossa ja käytössä. Tutkimuksessa ekosysteemilähestymistapa liittyy yhteiskunnallisen metsäntutkimuksen haasteisiin. Yksittäisiä ekosysteemipalveluja koskevia tutkimuksia on tehty paljon, mutta käytännön elinkeinoelämää edistävää ekosysteemilähestymistavan periaatteita hyödyntävää tutkimusta vain vähän.

Hytönen, M. 2009. Ekosysteemilähestymistapa metsien hoidossa ja käytössä - kirjallisuusselvitys.

Metlan työraportteja 139. 132 s. [Http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp139.pdf](http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp139.pdf).

Hytönen, M. 2011. Metsien monimuotoisuuden turvaaminen ekosysteemilähestymistavan avulla.

Metsätieteen aikakauskirja 2/2011:150-157. [Http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff112150.pdf](http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff112150.pdf).

Metsäalan kompastuskivi – ymmärretäänkö mitä käsite palvelu tarkoittaa?

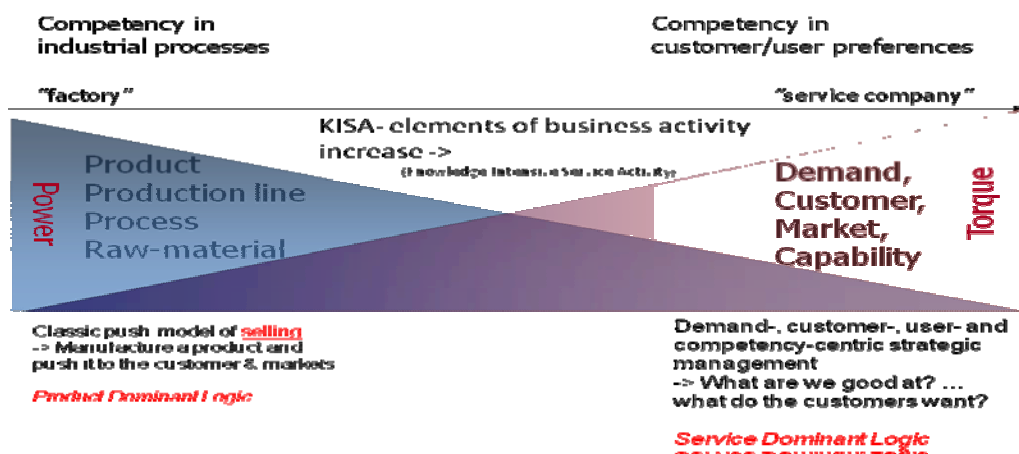
Sami Berghäll¹, Tiina Tanninen-Ahonen², Mikko Tervo¹

¹Helsingin yliopisto, ²Tekes

sami.berghall@helsinki.fi

Palvelukäsite tunkee yhä useampaan yhteyteen. Yhteiskunta palveluvaltaistuu ja palvelujen merkitys kansatalouden elinkykyisyyden turvaajana on jo kiistaton – yli 70% Eu-maiden kansantuotteesta muodostuu palveluista (Innonet, Episis 2011). Silti käsitteelle itselleen ei ole olemassa selkeää määritelmää (Innonet, Episis 2011). Puhutaan palveluaktiiviteeteistä, palvelualoista, tieto-intensiivisistä palveluista ja palveluinnovaatioista. Palvelukäsitteeseen liittyy kysyntä- ja käyttäjäkeskeisyyden korostaminen liiketoiminnassa.

Luonnontieteellisesti on helppo ajatella, että joku systeemi tarjoaa palveluja ”jollekin”. Palvelun käsite sisältää kuitenkin traditionaalisen metsätieteellisen ja teollisenkin perinteen kannalta vieraan ulottuvuuden – ihmisen mielikuvien ja psyyken mekanismien vaikutuksen systeemien ja systeemisten hyötyjen merkitystä arvioitaessa. Traditionaalisesti ala on katsonut metsää ja sen tuottoja absoluuttisten/luonnontieteellisten käsitteiden kautta. Näitä ovat esimerkiksi suojeltu pinta-ala, hakatut kuutiot, teollisuuden tuottama lisä-arvo, tonnit, taseet jne. Palvelustuneessa yhteiskunnassa kansalaiset, erilaiset ulkopuoliset viiteryhvät yms., ns. stakeholderit, arvioivat ”palvelun” arvoa hyvin erilaisista lähtökohdista. Tämä esitys argumentoi, että yhteiskunnan palvelumurroksessa on kyse juuri teknisten kriteerien korvautumisesta laajemmilla, mielikuviin perustuvilla, käsitteillä. Siten oli kyseessä ekosysteempipalvelut, teollinen palveluliiketoiminta ja/tai erilaiset yhteiskunnan palvelut - toiminnan ajurina on palvelun tarjoajan ja sen ”asiakkaiden” välinen arvonluontiprosessi (Grönroos 2011, Vargo & Lusch 2004, 2008, 2011). Tämä prosessi perustuu ns. aineettomaan pääomaan ja siten ”palvelun” hyöty ja arvo määrittyy merkittävästi erilaisessa viitekehikossa, kun traditionaalinen luonnontieteellinen/tekninen näkökulma uskoo ja odottaa. Tämän esityksen tarkoitus ei ole kiistää perinteisten näkökulmien arvoa vaan nostaa esille alan murrokseen keskeisesti vaikuttavan tekijän – kuulijan, vastaanottajan ja kansalaisen - arvonmuodostuksen. Tuo arvonmuodostusprosessi – siis viimekädessä ”palvelu” - on olemassa vain jos vastaanottaja palvelun kokee hänelle arvoa tuottavan. Eri tieteenaloilla kyseisiin ”asiakasmielikuviiin” pureudutaan uusilla näkökulmilla. Am. kuva kuvaa muutosta teoriapohjassa ja ajattelussa sekä markkinoinnin, viestinnän, sosiaalipsykologian että neutrotaloustieteen alueilla.



Ref: Tekes, palveluliiketoiminta 2011; UN-ECE, 2011

Haasteita ja mahdollisuuksia metsien ekosysteemipalveluiden arvottamisessa

*Paula Horne**, *Matleena Kniivilä ja Emmi Haltia*

Pellervon taloustutkimus PTT

* *paula.horne@ptt.fi*

Ekosysteemipalvelut luovat kehikon, jonka avulla voidaan systemaattisesti tunnistaa ja kartoittaa kunkin ekosysteemin ihmisille tuottamat palvelut. Arvottamisella pyritään mittaamaan yhteismitallisesti markkinattomien ja markkinoitavien hyödykkeiden ja palveluiden taloudellista arvoa. Ekosysteemipalveluiden arvottaminen pyrkii arvioimaan etukäteen kuinka paljon esimerkiksi poliittiset ohjauskeinot tai maankäyttöpäätökset vaikuttavat ekosysteemipalveluiden arvoon, jolloin arvon muutos voidaan ottaa huomioon päätöksenteossa ja ohjauskeinojen kehittämisessä. Ekosysteemipalveluiden tuotannossa keskeinen asia on palveluiden väliset vaihtosuhteet. Panostaminen yhden palvelun lisäämiseen aiheuttaa helposti toisen palvelun tuotannon heikkenemistä. Muutokset eivät välttämättä tapahdu välittömästi, joten myös aika on keskeinen elementti vaikutusten arvioinnissa. Lisäksi vaikutusalueet voivat olla erilaisia ja vaikutukset voivat vaihdella maailmanlaajuisista hyvin paikallisiin vaikutuksiin. Yhteiskunnan kannalta optimaalisen ratkaisun löytäminen edellyttää hankkeen kaikkien hyötyjen ja kustannusten arvioimista riippumatta siitä onko niillä markkinahintaa vai ei, kuka niistä hyötty tai kokee haittaa tai milloin hankkeen hyödyt ja haitat toteutuvat. Hyötyjä ja kustannuksia on pystyttävä vertailtavuuden vuoksi arvioimaan samalla mittayksiköllä. Useimmiten mittayksikkönä käytetään rahaa. Kustannus-hyötyanalyysissä hankkeen kustannukset arvioidaan vaihtoehtokustannuksina. Esimerkiksi metsien suojelun lisäämisen vaihtoehtokustannuksia ovat muun muassa menetetyt kantorahatulot suojeluhetkestä hamaan tulevaisuuteen. Ekosysteemipalveluiden arvioiminen ja siihen liittyvät taloudelliset analyysit voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään, joista ensimmäisessä arvioidaan ekosysteemipalveluiden käytön kestävyyttä, eli keskitytään ekosysteemipalveluiden pääoman arvioimiseen. Toinen tapa on rajata tarkastelu ekosysteemipalveluiden tarjonnan virtaan. Yleensä ekosysteemipalveluiden arvottamisessa keskitytään jälkimmäiseen lähestymistapaan, jonka menetelmät ja perusteet ovat paljon käytettyjä ja yleisesti hyväksytyjä. Ekosysteemipalveluiden taloudellisen arvon määrittämisen kannalta ongelmallista on se, että niiden luokittelut voivat sisältää päällekkäisyyksiä. Ekosysteemien toiminta ja ekosysteemipalveluiden tuotanto ovat monimutkaisia prosesseja, ja esimerkiksi säätelypalveluiden arvo saattaa tulla laskelmaan useampiakin kertoja, jos väli- ja loppuasteen palveluita ei kyetä oikein erottelemaan toisistaan. Ongelman välttämiseksi ekosysteemipalvelut voidaan jakaa välituotteisiin ja –prosesseihin sekä loppupalveluihin ja -tuotteisiin. Jotta kaksinkertaista arvottamista ei tapahtuisi, kokonaishyötyä arvioitaessa on huomioitava ainoastaan loppupalveluiden tuottamat lopputuotteet. On huomattava, että tietty loppupalvelu voi kuitenkin tuottaa useita erilaisia lopputuotteita. Haasteena ekosysteemipalveluiden arvottamisessa on muun muassa palveluiden riippuvuus toisistaan ja sellaisten tilanteiden arvottaminen, joissa ekosysteemin toiminnassa ja tarjoamissa palveluissa tapahtuu peruuttamattomia muutoksia. Yhtenä ongelmana hyötyjen arvioimisessa ja arvottamisessa voidaan pitää ekosysteemien luonnetta dynaamisina, jatkuvasti muuttuvina systeemeinä. Staattisella mallilla ei aina voida kuvata riittävän hyvin tilan muutoksia. Vähintään pitää tunnistaa staattisen tarkastelun aiheuttamat rajoitukset.

Ekosysteemipalveluiden näkökulma ohjaa valtion metsien hoitoa ja hyödyntämistä - Metsähallituksen uusittu metsätalouden ympäristöopas

Jussi Päivinen¹, Niklas Björkqvist¹, Lauri Karvonen¹, Maija Kaukonen², Kirsi-Marja Korhonen¹, Panu Kuokkanen¹, Hannu Lehtonen¹ ja Arto Tolonen¹

¹ Metsähallitus (jussi.paivinen@metsa.fi), ² WWF Suomi (maija.kaukonen@wwf.fi)

Metsien ekosysteemipalveluihin kuuluvat kaikki metsistä saatavat hyödyt kuten puu, marjat, riista ja virkistysarvot sekä hiilensidonta, ravinteiden kierto, puhdas vesi ja ilma sekä eroosion ja tulvien säätely. Metsä on Suomen tärkein uusiutuva ja karttuva luonnonvara. Tällä hetkellä tärkeimmän ekosysteemipalvelun eli puun käyttö monipuolistuu ja laajenee biotalouteen siirryttäessä.

Metsähallituksen päätöksillä ja toimenpiteillä vaikutetaan merkittävään osaan Suomen metsistä. Metsähallituksen visiona on olla edelläkävijä vihreillä markkinoilla. Puusta saadaan tulevaisuudessa aivan uudenlaisia tuotteita erityyppisiin tarpeisiin. Samaan aikaan metsien muut arvot ovat nousemassa selkeämmin esiin, ja tarve tasapainottaa metsien eri palvelujen hyödyntämistä kasvaa.

Suomalaisen metsätalouden toimintaympäristössä on tapahtunut viime vuosina monia muutoksia, esimerkiksi bioenergian käytön lisääntyminen. Samaan aikaan EU:n vesipuitedirektiivi on tullut voimaan, ja kotimainen tutkimustieto lajiston ja luontotyyppien tilasta on lisääntynyt merkittävästi. Uusin tieto muun muassa metsätalouden vesiensuojelusta, riistan elinympäristövaatimuksista ja metsien käsittelyn monipuolistamismahdollisuuksista on antanut aihetta tarkistaa metsien käsittelyohjeita.

Metsähallituksen uudella ympäristöoppaalla varmistetaan, että metsät tuottavat puun lisäksi myös muita ekosysteemipalveluita. Osallistuminen ja vuorovaikutusprosessi on kuvattu oppaassa selkeästi, mikä parantaa Metsähallituksen toiminnan avoimuutta. Oppaan tekoon on osallistunut aiempaa suurempi joukko tutkijoita ja muita asiantuntijoita.

Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas on käytännön opas, joka yhdistää viimeisimmän tutkimustiedon käytäntöön. Oppaan pääteemoina ovat metsien monimuotoisuuden ja talousmetsien ekosysteemipalvelujen turvaaminen. Muita teemoja ovat luonnonvarojen käytön suunnittelujärjestelmät, porotalous ja saamelaiskulttuuri, vuorovaikutus ja yhteistyö sekä oppaan toimeenpanon seuranta.

Monimuotoisuuden turvaamista käsitellään ekologisen verkon rakenteen mukaisesti jakautuen ytimiin, yhteyksiin sekä tukialueisiin ja säästökohteisiin. Tärkeässä roolissa ovat myös säästöpuut ja elinympäristöjen aktiivinen hoito. Talousmetsien ekosysteemipalvelujen puuntuotanto-osiossa käsitellään erilaisia metsänkasvatus-menetelmiä, energiapuunkorjuuta sekä metsätuhojen ehkäisyä. Vesiensuojeluteema sisältää kunnostusojituksen, puunkorjuun, maanpinnan käsittelyn, lannoituksen sekä metsäteiden rakentamisen ja kunnossapidon vesistövaikutusten hallinnan. Muut metsätalouden toimissa huomioitavat ekosysteemipalvelut ovat riistaeläimet, maaperä, kulttuuriperintö, virkistyskäyttö, luontomatkailu ja maisema.

Ekosysteemipalvelu-käsite tarjoaa luontevan kontekstin Metsähallituksen monitavoitteisen metsänhoidon ohjeistukselle ja helpottaa toiminnan kokonaisuuden hahmottamista yhä kansainvälistyvässä luonnonvarapolitiikassa.

Puun monipuolinen jalostus on ratkaisu ilmastokysymykseen

Metsät ovat globaalisti merkittävä luonnonvara. Niitä kestävästi hoitamalla ja käyttämällä voidaan luoda ratkaisuja useisiin ilmasto- ja ympäristökysymyksiin. Samalla voidaan turvata taloudellinen hyvinvointi kestäväällä tavalla. Puuta jalostavalla metsäteollisuudella on suuri rooli osana kestävästä kehitystä. Tämä edellyttää kuitenkin poliittisia linjauksia, jotka turvaavat metsäteollisuuden toimintaedellytykset niin Euroopan unionissa (EU) kuin globaalisti.

Kestävään kehitykseen liittyvässä keskustelussa on korostettu uusien tuotteiden, kuten biopolttoaineiden, biopolymeerien ja -kemikaalien sekä mikro- ja nanokuitujen kehittämistä. Suomen metsäteollisuus on vastannut haasteeseen ja asettanut tavoitteeksi alan tuotteiden ja palveluiden arvon kaksinkertaistamisen vuoteen 2030 mennessä. Yhteiskunta tukee tätä kehitystä parhaiten huolehtimalla teollisuuden edellytyksistä investoida uusiin teknologioihin ja tuotantolaitoksiin (esimerkiksi biojalostamoihin). Tähän sisältyy nykyisten metsäperäisten tuotteiden kilpailukyvyyn turvaaminen, sillä näistä tuotteista saadut tuotot takaavat yrityksen omat resurssit kehitystyölle ja innovaatioille.

Metsäteollisuuden kustannuskilpailukyvyyn turvaaminen on haasteellista tilanteessa, jossa yritysten energia-, materiaali- ja logistiikkakustannuksiin kohdistuu enenevässä määrin erilaisia ilmasto- ja ympäristöperusteisia velvoitteita ja veroja. Tämä näkyy erityisen hyvin EU:ssa, jolla ei ole yhteistä metsäpolitiikkaa, vaan metsiä ja metsäteollisuutta koskevat velvoitteet laaditaan pääosin ympäristö-, energia ja ilmastosektoreilla. Yksi tämänhetkisistä haasteista on kansainvälisen merenkulujärjestö IMO:n päätös alentaa merkittävästi polttoaineen rikkipitoisuutta Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin alueella vuodesta 2015 alkaen. Toteutuessaan päätös aiheuttaisi Suomen metsäteollisuudelle vähintään 200 miljoonan euron vuotuisen lisäkustannuksen, mikä heikentäisi Suomen asemaa suhteessa keski- ja eteläeurooppalaisiin kilpailijamaihin.

Euroopan unionin uusiutuvaa energiaa koskevat tavoitteet nojautuvat lisääntyvään puun käyttöön energianlähteenä. Toisaalta EU:n metsien suojelua ja biodiversiteettiä koskevat linjaukset nostavat suojelutarvetta. Nämä linjaukset yhdessä luovat kasvavan haasteen puuta jalostavan metsäteollisuuden puun saannille kilpailukykyiseen hintaan. Suomen olisikin EU:n metsäisimpänä jäsenmaana korostettava yhä voimakkaammin sekä kestävän metsätalouden että puun korkean jalostusarvon merkitystä. Ei ole kansantaloudellisesti järkevää ohjata puuta suoraan energiakäyttöön vaan jalostaa se ensin kierrätettäviksi tuotteiksi ja vasta tien päässä käyttää energiaksi.

Puun monipuolinen jalostus on ratkaisu ilmastokysymykseen

Karoliina Niemi

Metsäteollisuus ry

karoliina.niemi@forestindustries.fi

Metsät ovat globaalisti merkittävä luonnonvara. Niitä kestävästi hoitamalla ja käyttämällä voidaan luoda ratkaisuja useisiin ilmasto- ja ympäristökysymyksiin. Samalla voidaan turvata taloudellinen hyvinvointi kestäväällä tavalla. Puuta jalostavalla metsäteollisuudella on suuri rooli osana kestävästä kehityksestä. Tämä edellyttää kuitenkin poliittisia linjauksia, jotka turvaavat metsäteollisuuden toimintaedellytykset niin Euroopan unionissa (EU) kuin globaalisti.

Kestävään kehitykseen liittyvässä keskustelussa on korostettu uusien tuotteiden, kuten biopolttoaineiden, biopolymeerien ja -kemikaalien sekä mikro- ja nanokuitujen kehittämistä. Suomen metsäteollisuus on vastannut haasteeseen ja asettanut tavoitteeksi alan tuotteiden ja palveluiden arvon kaksinkertaistamisen vuoteen 2030 mennessä. Yhteiskunta tukee tätä kehitystä parhaiten huolehtimalla teollisuuden edellytyksistä investoida uusiin teknologioihin ja tuotantolaitoksiin (esimerkiksi biojalostamoihin). Tähän sisältyy nykyisten metsäperäisten tuotteiden kilpailukyvyyn turvaaminen, sillä näistä tuotteista saadut tuotot takaavat yrityksen omat resurssit kehitystyölle ja innovaatioille.

Metsäteollisuuden kustannuskilpailukyvyyn turvaaminen on haasteellista tilanteessa, jossa yritysten energia-, materiaali- ja logistiikkakustannuksiin kohdistuu enenevässä määrin erilaisia ilmasto- ja ympäristöperusteisia velvoitteita ja veroja. Tämä näkyy erityisen hyvin EU:ssa, jolla ei ole yhteistä metsäpolitiikkaa, vaan metsiä ja metsäteollisuutta koskevat velvoitteet laaditaan pääosin ympäristö-, energia ja ilmastosektoreilla. Yksi tämänhetkisistä haasteista on kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n päätös alentaa merkittävästi polttoaineen rikkipitoisuutta Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin alueella vuodesta 2015 alkaen. Toteutuessaan päätös aiheuttaisi Suomen metsäteollisuudelle vähintään 200 miljoonan euron vuotuisen lisäkustannuksen, mikä heikentäisi Suomen asemaa suhteessa keski- ja eteläeurooppalaisiin kilpailijamaihin.

Euroopan unionin uusiutuva energiaa koskevat tavoitteet nojautuvat lisääntyvään puun käyttöön energianlähteenä. Toisaalta EU:n metsien suojelua ja biodiversiteettiä koskevat linjaukset nostavat suojelutarvetta. Nämä linjaukset yhdessä luovat kasvavan haasteen puuta jalostavan metsäteollisuuden puun saannille kilpailukykyiseen hintaan. Suomen olisikin EU:n metsäisimpänä jäsenmaana korostettava yhä voimakkaammin sekä kestävä metsätalouden että puun korkean jalostusarvon merkitystä. Ei ole kansantaloudellisesti järkevää ohjata puuta suoraan energiakäyttöön vaan jalostaa se ensin kierrätettäviksi tuotteiksi ja vasta tien päässä käyttää energiaksi.

Globaalistaminen ja Suomen metsätalous

*Matti Palo, vapaa tutkija
matti.palo@metla.fi*

Maailmassa ei ole kaiken kattavaa maailman hallitusta, mutta esimerkiksi metsä- ja ympäristösektoreille rakennettu globaalia hallitusten välistä hallintoa pääosin vuodesta 1992 alkaen. Globaalistaminen ilmiönä on käsitteenä on tuskin paljoa vanhempi. Taloustieteilijät usein samaistavat globaalistamisen kansainvälistämiseen, mikä tosin voi tapahtua kahdenkin maan välillä. Globaalistaminen on kuitenkin maailmanlaajuista ja reaaliajassa yli kansallisten rajojen tapahtuvaa verkostoitumista, jota kansallisten hallitusten on ylivoimaista estää. Suomen metsäsektoria laillisesti sitovat ylikansalliset sopimukset toimivat vuorovaikutuksessa markkinoiden ja kansalaisyhteisöjen kanssa. Siksi ylikansallisia sopimuksia ei tule tarkastella niistä erillisinä. YK:n ympäristön ja kehityksen konferenssi hyväksyi 1992 Rio de Janeirossa globaalit sopimukset biodiversiteetistä, ilmaston muutoksesta ja aavikoitumisesta. Vastaavaa metsäsopimusta ei ole saatu yrityksistä huolimatta vieläkään aikaan. Kuitenkin ”Ei-laillisesti sitovat metsäperiaatteet” hyväksyttiin tuolloin Riossa. Vaikka ne edustavat pehmeätä globaalia lainsäädäntöä, niiden sisältämällä laajennetulla kestävän metsätalouden määritelmällä on ollut merkittävä vaikutus Suomenkin vuoden 1996 metsälain syntyyn ja sisältöön. Kuitenkin globaalien kansalaisjärjestöjen ajamalla metsien sertifiointilla on ollut vuodesta 1998 alkaen Suomen metsien käsittelyyn vähintäänkin yhtä mittava vaikutus. Se on syntynyt osittain myös markkinoiden kautta, kun Suomen globaalistetut metsäteollisuusyritykset ovat asiakkaiden menetysten pelossa tukeneet sekä metsälakien muutosta että metsäsertifiointin toimeenpanoa. YK:n Metsäforumin työn tuloksena YK:n Yleiskokous hyväksyi 2007 uuden globaalin metsätalouden määritelmän. Sen mukaan kestävä metsätalous dynaamisena ja kehittyvänä käsitteenä tähtää taloudellisten, sosiaalisten ja ympäristöllisten arvojen ylläpitämiseen ja lisäämiseen kaikenlaisissa metsissä nykyisten ja tulevien sukupolvien hyväksi. Sekä virallisessa kirjoitetussa metsäpolitiikassa että sen toimeenpanossa Suomi on siirtynyt edellisen määritelmän mukaiseen kestävään jälkieteolliseen metsätalouteen, jossa metsäekosysteemin erilaisilla palveluilla on kasvava merkitys. Metsäteollisuusyritysten globaalistaminen on tuonut Suomeen viimeisten viiden vuoden aikana lukuisia sellu- ja paperitehtaiden sekä sahojen ja vaneritehtaiden sulkemisia ja laajaa työttömyyttä perinteisille tehdaspaikkakunnille. Teollisuuspuun korjuun jatkuva koneellistaminen on vähentänyt myös metsätalouden työllisyyttä, jota energiapuun korjuun lisääntyminen ei ole kyennyt kompensoimaan. Suomalaiset metsäteollisuusyritykset ovat jo yli puoli vuosisataa investoineet tehtaisiin eri puolilla Eurooppaa. Mittavia ja onnistuneita uusinvestointeja selluteollisuuteen on äskettäin tehty Brasiliassa ja Uruguayssa sekä paperiteollisuuteen Kiinassa. Kalliita epäonnistuneita investointeja on tehty Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Ne ovat osaltaan nopeuttaneet tehtaiden sulkemisia Suomessa. Globaalit metsäteollisuusyritykset ovat olleet entistä herkempiä kohteita globaalien ja kansallisten ympäristöjärjestöjen painostukselle ja kampanjoille. Esimerkiksi WWF on voinut viime vuosina toimia lähes puolen miljardin euron vuosibudjetilla. Globaalit ympäristöjärjestöt ovat olleet globaalien metsä- ja ympäristösopimusten alullepanijoita ja vaikuttavia painostusryhmiä median ja kansalaisten arvojen muutoksen mukana. Maailmanlaajuinen metsä- ja ympäristöpolitiikka on toiminut vahvasti Suomen metsäsektorin toimintaympäristön muovaajana paljolti Euroopan metsäministerikonferenssien ja EU:n välityksellä. Visioni mukaan tämä trendi tulee jatkumaan etenkin metsätalouden ympäristöllisen ja sosiaalisen kestävyuden tukemiseksi. Brasilian, Uruguayin, Chilen, Indonesian ja Etelä-Afrikan komparatiiviset edut sellun tuottamisessa ja viennissä kasvavat samalla kun Suomen edut vähenevät. Painopaperien kysyntä maailmalla heikkenee ja tehtaiden sulkemiset meillä jatkuvat. Suomen metsätalous on ollut ja on ennen kokemattomassa globalisaation myllerryksessä.

Palo M 2012 Globalization of forest cluster and transition to postindustrial forestry. A manuscript for Springer/World Forests-book series. (Hyväksytty painettavaksi)

Baylis J, Smith S (eds) 2001 The globalization of world politics. Oxford Univ Press. 690 p.

Biomassan estimointi laseraineiston, ilmakuvien ja maastomittausten perusteella

Reija Haapanen^{1*}, Sakari Tuominen² ja Risto Viitala³

¹ Haapanen Forest Consulting, ² Metsäntutkimuslaitos, ³ Hämeen ammattikorkeakoulu

* reija.haapanen@haapanenforestconsulting.fi

Tässä tutkimuksessa arvioimme biomassan estimoinnin onnistumista kaksivaiheisen otannan avulla. Kaukokartoitusavusteisessa metsäinventoinnissa tyypillisesti yleistetään maastossa mitattujen koealojen tiedot jatkuvaksi pinnaksi koko tarkasteltavalle alueelle. Operaation onnistuminen edellyttää tilastollista riippuvuussuhdetta metsätaloudellisesti kiinnostavien puustotunnusten ja kaukokartoituslaitteen rekisteröimän tiedon välille. Perinteisesti optisen alueen kaukokuvien sävyillä tämä on ollut heikko. Vääräväri-ilmakuvien kanavat lähi-infra, punainen ja vihreä erottelevat kuitenkin puulajeja kohtuullisesti. Lisäksi kuvien hyvä resoluutio mahdollistaa latvuksen/metsikön rakennetta kuvaavien tekstuuripiirteiden käyttämisen. Laserkeilauksessa tuotettu kolmiulotteinen pisteparvi kuvaa hyvin latvuston tiheyttä sekä puuston ja latvuston korkeutta. Nämä ovat vahvassa yhteydessä puuston kokonaisbiomassaan. Keilauksessa tallennetaan myös tieto palaavan signaalin intensiteetistä, jonka ongelmana on kuitenkin keilauskulman mukainen vaihtelu. Ilmakuvien pikselikohtaisista sävyarvoista sekä laseraineiston pisteittäisistä korkeus- ja intensiteettitiedoista on mahdollista johtaa suuri joukko tilastollisia tunnuksia, joista on valittava parhaiten biomassaa kuvaavat. Ideaalitulanteessa olisi mahdollista tietää etukäteen, mitkä piirteet parhaiten kuvaavat kiinnostuksen kohteena olevia metsävaratietoja. Rakenteeltaan monimutkaisen ja vaihtelevan kohteen vuoksi tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan tarvitaan laskennallista piirrevalintaa. Tutkimuksessamme laskimme Evon opetusmetsiin sijoittuvalle 263 koealan joukolle biomassat lukupuista mitattuihin tunnuksiin perustuvien mallien avulla. Tämän jälkeen estimoinne koealoille kokonaistilavuudet ja -biomassat, sekä puulajeittaiset tilavuudet ja biomassat kaukokartoitusaineiston avulla. Kaukokartoitusaineiston muodosti 222 harvapulssisesta laserkeilauksesta sekä vääräväri-ilmakuvista johdettua piirrettä. Piirteistä seulottiin geneettisen algoritmin avulla kulloistakin tavoitefunktion arvoa minimoiva joukko. Estimointi tehtiin koealatasolla, $k:n$ lähimmän naapurin menetelmällä ja muuttujien virhettä arvioitiin ristiinvalidoimalla. Latvuksen ominaisuudet vaikuttavat kuvapiirteisiin enemmän kuin rungon, ja tulokset olivatkin biomassalle hieman paremmat kuin kokonaistilavuudelle: maanpäällisen kokonaisbiomassan keskineliövirhe oli 22,5 % ja tilavuuden 23,4 % havaintojen keskiarvoista. Ero korostui vaadittaessa myös puulajien estimoinnin onnistumista: kokonaisbiomassan virhe oli 24,8 %, puulajeittaisten biomassojen virheiden ollessa 67-76 %, kun taas tilavuuden virheet olivat 27,5 % ja 71-79 %. Kokonaismäärien virheitä minimoitaessa riitti vähäisempi määrä piirteitä (9 biomassaan ja 12 tilavuuteen) kuin huomioitaessa myös puulajeittaisten estimaattien virheet (13 ja 15). Laserpiirteet hallitsivat valikoiduissa piirrejoukoissa ja laserosumien korkeuden keskiarvo oli aina mukana. Puulajeittaiseen estimointiin valikoitui enemmän ilmakuvapiirteitä kuin kokonaismäärien estimointiin, samoin tilavuuden estimointiin enemmän kuin biomassan estimointiin. Lähes kaikki mukaan valikoituneet ilmakuvapiirteet olivat tekstuuripiirteitä. Tuloksia punnittaessa on huomioitava, että tässä verrataan puutunnusmalleihin perustuvia biomassoja toisiinsa. Kohdealue on suomalaiseksi metsäksi hyvin vaihtelevaa (koealojen kokonaisrunkotilavuus oli 190,9 m³/ha ja keskihajonta 109 m³/ha, kokonaisbiomassan keskiarvo 96,4 tonnia ja keskihajonta 50,4 tonnia). Laskennassa käytettiin vain puustoisia koealoja. Lisäksi maastossa oli mitattu vain rinnankorkeudeltaan yli 5 cm läpimittaiset puut. Tulosten perusteella uuden sukupolven metsäsunnittelujärjestelmän voisi tarvittaessa laajentaa myös biomassan kartoitukseen.

Laskennallinen menetelmä puun biomassan ja oksien kokojakauman määrittämiseen laserkeilausdatasta

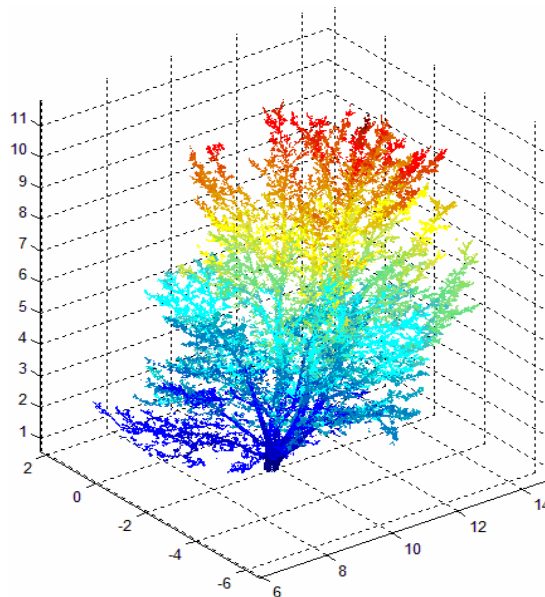
Pasi Raumonen^{1*}, Mikko Kaasalainen¹, Markku Åkerblom¹, Sanna Kaasalainen², Jari Liski³ ja Anna Repo³

¹ Tampereen teknillinen yliopisto, Matematiikan laitos, ² Geodeettinen laitos, Kaukokartoitus ja fotogrammetria, ³ Suomen ympäristökeskus, Luontoympäristökeskus

* pasi.raumon@tut.fi

Puusta tarvitaan monenlaista mittatietoa useisiin eri tarkoituksiin, esim. rungon koko talousmetsien inventointiin, oksien ja kantojen massa bioenergian tuottamiseen ja oksien kokojakauma hiilijalanjäljen määrittämiseen. Laserkeilaus mahdollistaa näiden kokoparametrien määrittämisen nopeasti, ilman suurta käsin tehtävää työtä ja ilman että puuta tarvitsee aina kaataa. Laserkeilaus tuottaa puun pinnasta pistepilven, joka on kolmiulotteinen esitys puusta (katso kuva). Pistepilvessä voi olla miljoonia pisteitä ja puun kokoparametrien määrittäminen siitä automaattisesti ja luotettavasti vaatii pitkälle kehitettyjä laskennallisia menetelmiä.

Pistepilven analysoiminen laskennallisesti perustuu siihen, että pistepilvi muodostaa suuren ja kattavan näytejoukon puun pinnasta. Lisäksi oletetaan, että oksien ja rungon muoto ja koko voidaan approksimoida hyvin paloittain sylintereillä. Koska puusta ei tiedetä etukäteen kokonaiskuvaa, eli esim. oksien lukumäärää ja liitoskohtia, niin analysointimenetelmän perusideana on analysoida pistepilveä paikallisesti. Paikallisesti pistepilvestä saadaan luotettavasti tietoa ilman yksityiskohtaista etukäteistietoa, riittää kun tiedetään kohde puuksi. Paikallista analysointia varten pistepilvi jaetaan aluksi pieniin osajoukkoihin ja analysoinnissa käytetään hyödyksi erityisesti näiden osajoukkojen naapuruusrelaatiota ja geometrisia ominaisuuksia. Osajoukkojen ominaisuuksien avulla pistepilvestä tunnistetaan yksittäisiä oksia ja runkoa vastaavat segmentit ja sen jälkeen niiden koko approksimoidaan sovittamalla segmentteihin useita lyhyitä sylintereitä. Menetelmästä tarkemmin artikkelissa Raumonon ja muut 2011.



Raumonon, P. Kaasalainen, S., Kaasalainen, M. ja Kaartinen, H. 2011. Approximation of volume and branch size distribution of trees from laser scanner data. ISPRS Workshop, Laser Scanning 2011, Calgary Kanada.

Kehittyvä puun mallinnus ja laskenta

Jouko Laasasenaho

jouko.laasasenaho@helsinki.fi

Teknologian nopean kehityksen mukanaan tuomien uusien mittausvälineiden ja laskentamahdollisuuksien ansiosta puunmittausta ja laskentaa tulisi tarkastella kokonaisuutena. Puiden laskenta-mallien tulisi pystyä tuottamaan huomattavasti monipuolisempia tietoja puista, kuin mihin nykyään tyydytään. Laskentamenetelmät eivät saisi rajoittaa puusta tehtäviä mittauksia vaan mallien tulisi pystyä käyttämään hyväksi erilaisia mittauksia ja lisämittausten tarkentamaan laskennan tulosta. Paras tilanne on silloin, kun laskenta pystyy tuottamaan vastauksen kaikkeen haluttavaan tietoon.

Suomessa siirryttiin puutavaran mittauksessa kuorellisen runkopuun käyttöön vuonna 1969. Tällöin otettiin käyttöön ensin tutkimuksessa ja metsävarojen inventoinneissa puiden rungon tilavuuden laskennassa tilavuusyhtälöt ja noin kymmenen vuoden kuluttua runkokäyrät. Menetelmät ovat toimineet erittäin hyvin, vaikka samalla on vähitellen siirrytty myös käytännön mittaus-toiminnassa mittauksen alkupisteen määrittelyssä kansainväliseen käytäntöön eli puun syntypiste otettiin mittauksen lähtöpisteeksi aikaisemman ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan sijasta.

Puun käytössä on nyt kuitenkin tultu uuteen vaiheeseen, jossa tarvitaan tarkempaa tietoa, mikäli halutaan tehostaa ja tarkentaa puun laadun ja myös energiaositteiden laskentaa. Tarvitaan siis uusia menetelmiä, joilla voidaan erottaa puun käytön optimoinnissa myös oksien kuoren osuus ja energiajakeet latvuksen eri osissa. Menetelmien kehittäminen on tärkeää myös siksi, että puun eri osista löydetään ainesosia, joita voidaan hyödyntää lääketeollisuudessa tai erikoistuotteiden valmistuksessa. Puun tarkempi optimointi kaatovaiheessa siten, että energiajakeiden määrä ja laatu erilaisilla korjuumenetelmillä voidaan laskea ja hinnoitella olisi hyvin tärkeää.

Puun käytön optimointi pelkästään rungon kuorellisen läpimitan avulla on siis kulkenut tiensä päähän ja tarvitaan huomattavasti hienojakoisempia menetelmiä kuin on ollut käytössä viimeaikoina. Tieto koko puun sisältämästä kuiva-ainemäärästä ei riitä ja kuoren osuuden erottaminen sen pienemmän arvon vuoksi on alkanut kiinnostaa varsinkin teollisuutta. Tukin oksaisuuden ja sydänpuun määrän avulla tukin laatu hinnoittelu saisi uusia ulottuvuuksia tukin koon lisäksi.

Käytössä oleva mallinnusmenetelmä, jolla jo hyvin pienellä koepuumäärällä saadaan luotettavat runkokäyrät, voidaan laajentaa rungon kokonaistilavuuden lisäksi puun eri ositteiden laskentaan. Puiden kasvutavasta (putkilomalli) johtuen puut noudattavat puulajeittain puiden pituuteen suhteutettuna samanlaista tilavuuden jakauman mallia kuin on todettu rungon osalta ja tätä melko invarianttia ominaisuutta käyttäen saadaan jo melko pienillä aineistoilla mallit laskettua. Tällaisia malleja ei ole laadittu vielä missään, mutta alustavia kokeita malleista on olemassa ja nämä kokeet näyttävät vahvistavan malli-hypoteesien pitävän paikkansa. Tarkoitus on täydentää nykyisiä menetelmiä siten, että puun kaikkien maanpäällisten ositteiden tilavuudet dimensioineen voidaan määrittää eri osissa puuta.

Uusilla malleilla voitaisiin laskea mitä tahansa puun maanpäälliseen osaan liittyvää kuorellista ja kuoretonta tilavuutta ja dimensioita koskevaa tietoa, esim. oksien määrää ja kokoa sekä kuorineen että kuoretta eri osissa latvusta. Tuloksia voidaan soveltaa erittäin pienellä viiveellä niin tutkimuksessa, opetuksessa kuin käytännön energiapuumarkkinoilla. Uudet laskentamenetelmät avaavat aivan uusia mahdollisuuksia optimoida puun käyttöä kokonaisvaltaisesti ja samalla ottaa huomioon tukkien oksaisuuslaadun ja sydänpuusoisuuden. Samalla on helpompi määrittää myös puun eri osien kuiva-aineiden määrää, koska niiden kosteudet ja ominaispainot vaihtelevat jopa vuodenaikojen mukaan. Hanke mahdollistaa yhtenäistää laskentamenetelmiä kansainvälisesti ja siten saadaan vertailukelpoisia tuloksia esim. puustojen hiilitaselaskelmiin. Samalla voitaisiin viedä suomalaista tietotaitoa kansainvälisille markkinoille.

Lehdettömään aikaan keilatun laseraineiston soveltuvuus puulajiryhmätasolla tehtävään metsien inventointiin.

*Maria Villikka, Itä-Suomen Yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta
maria.villikka@arbonaut.com*

Laserkeilaus tuottaa tarkkaa kolmiulotteista tietoa tutkimusalueelta. Metsien inventoinnissa on käytetty laseraineistoa, joka on keilattu kesällä, kun puut ovat täydessä lehdessä. Lehdettömään aikaan keilattu laseraineisto sopii maastomallien tuotantoon. Keväällä keilattua laseraineistoa ei ole aikaisemmin käytetty metsien inventointiin Suomessa.

Lehdettömään aikaan keilattua laseraineistoa testattiin puulajiryhmien tasolla tehtävään metsien inventointiin. Analyysit tehtiin käyttämällä sekä lehdettömään että lehdelliseen aikaan keilattuja laseraineistoja ja näitä tuloksia vertailtiin keskenään. Ensin estimoitiin kokonais- ja puulajiryhmittäinen tilavuus käyttämällä k-MSN menetelmää. Analyysi tehtiin sekä pelkästään laseraineiston avulla että käyttämällä laseraineistoa ja ilmakuvilta laskettuja tunnuksia. Seuraavaksi muodostettiin lineaariset regressiomallit erikseen havu- ja lehtipuuvaltaisille koaloille ja estimoitiin kokonaistilavuus, valtapituus ja pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta. Lopuksi tehtiin diskriminanttianalyysi ja luokiteltiin koalat havu- ja lehtipuuvaltaisiin koaloihin.

Tarkkoja tuloksia saatiin kaikilla käytetyillä menetelmillä. Regressiomallien avulla osoitettiin, että yleisesti käytettyjen puustotunnusten estimaatit olivat samankaltaiset sekä kesällä että keväällä keilatuilla laseraineistoilla, riippumatta koalan pääpuulajista. Tulokset viittaavat siihen, että erilaisissa latvusolosuhteissa keilattuja laseraineistoja ei tulisi käyttää yhdessä, sillä se voi aiheuttaa suurta paikallista harhaa. K-MSN estimointimenetelmä tuotti tarkat puulajiryhmittäiset ja kokonaistilavuudet. Lehdettömään aikaan keilatulla aineistolla saadut tulokset olivat parempia kuin vastaavat, lehdelliseen aikaan keilatulla aineistolla saadut tulokset. Lehdettömään aikaan keilattu aineisto pystyi erottamaan havu- ja lehtipuut jopa käyttämättä ilmakuvia, joita yleensä tarvitaan apuna puulajien tunnistamisessa. Tarkkoja tuloksia saatiin myös käyttämällä lehdettömään aikaan keilattua aineistoa havu- ja lehtipuuvaltaiten koalojen luokittelussa. Tulokset osoittavat, että lehdettömään aikaan keilattu laseraineisto soveltuu metsien inventointiin.

Työ on tehty osana Kevätlaser metsävarojen inventoinnissa -projektia. Projektissa ovat olleet mukana Joensuun Yliopisto, Metsäkeskus Pohjois-Savo, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Metsähallitus ja Maanmittauslaitos.

Kantobiomassan määrän mallintaminen leimikoissa hakkuukonemittausten avulla

Heikki Ovaskainen^{1*}, Pirkko Pihlaja² ja Teijo Palander¹

¹ Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto, ² UPM-Kymmene

* heikki.ovaskainen@uef.fi

Kantopuusta tuli potentiaalinen raaka-aine energian ja sellun tuotantoon energiakriisin aikaan 1970-luvulla, mutta tuolloin tekniset ja taloudelliset tekijät rajoittivat sen käyttöä. Energian hinnan noustua, kannoista on taas tullut tärkeä primaarilähde bioenergian tuottamiseen. Tämän tutkimuksen aineiston keruun aikaan vuonna 2006 kantopuuta käytettiin energian tuotantoon yli 900 GWh. Viime vuonna kantoja käytettiin kuitenkin jo 2 TWh. Nykyisin kannonnosto on yleinen käytäntö ja uusia kustannustehokkaita nostomenetelmiä on kehitetty. Kannon nostomäärien voimakas lisääntyminen on aiheuttanut myös puunhankinnan suunnittelumenetelmien kehittymistä. Kantojen energiasisällön arvioinnissa on kuitenkin ollut suurta vaihtelua. Tarkat arviot kantobiomassakertymistä leimikoittain ovat tärkeitä sekä tehtaan energiapolttoaineiden hankinnan näkökulmasta että puunhankintaorganisaation arvioidessa kantojen potentiaalia bioenergian lähteenä operatiivisella toimintatasolla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Marklundin (1988) kantobiomassamallin soveltuvuutta operatiiviselle toimintatasolle ja kehittää hakkuukoneen dataan perustuva paikallisesti kalibroitu malli ennustamaan kuusen kantobiomassaa. Laskennassa hyödynnettiin pääasiassa hakkuukoneiden keräämää runkokohtaista informaatiota, ja suhteellisilta rungokorkeuksilta kerättyjen läpimittojen allometristä tietoa selittävinä muuttujina. Kantojen kuivapainoa leimikoittain käytettiin referenssiaineistona.

Tutkimuksen aineisto kerättiin Keski-Suomesta 38 kannonnostoleimikolta, joissa kuusen osuus kokonaispoistumasta oli yli 50 %. Ainespuun määrät vaihtelivat leimikoilla 217,1 m³ ja 2173,2 m³ välillä keskiarvon ollessa 652,0 m³. Ennen kantojen toimittamista tehtaan varastoon, kantomateriaali punnittiin kuormittain ja paino muutettiin kuivapainoksi käyttäen apuna keskimääräistä kosteuskerrointa, joka määritettiin päivittäisistä näytemittauksista. Hakkuukoneaineisto sisälsi 55 490 runkoa, joista kuusen osuus oli 78,8 %, männyn 7,1 % ja koivun 14,1 %. Tästä aineistosta lopulliseen analyysiin valittiin 35 230 kuusirunkoa, joille laskettiin kantobiomassaestimaatit Marklundin (1988) mallilla. Kalibroidun, paremmin soveltuvan biomassamallin, laskennassa käytettiin lineaarista regressioanalyysiä.

Marklundin (1988) mallin korjatuksi selitysasteeksi aineistossa tuli 52 %. Marklundin malli pyrki yliarvioimaan kantobiomassan pienen kertymän (t/ha) omaavilla leimikoilla ja yliarvioimaan suurilla kertymillä. Sen sijaan parhaassa kalibroidussa mallissa selittävinä muuttujina olivat Marklundin mallilla estimoitu kumulatiivinen kantobiomassa ja kumulatiivinen läpimittojen neliö 30 % suhteellisilta rungokorkeuksilta. Tälle mallille korjatuksi selitysasteeksi tuli 60 %.

Marklund, L. G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Rep. No 45. Department of Forest Survey. Swedish University of Agricultural Sciences.

Vesa, L. ja Palander, T. 2010. Modeling stump biomass of stands using harvester measurements for adaptive energy wood procurement systems. *Energy* 35(10): 3717-3721.

Palander, T., Vesa, L., Tokola, T., Pihlaja, P. & Ovaskainen, H. 2008. Modelling the stump biomass of stands for energy production using a harvester data management system. *Biosystems Engineering* 102: 69-74.

Kannot – puunkorjuuta pintaa syvemmältä

Juha Laitila

*Metsäntutkimuslaitos, Itä-Suomen alueyksikkö, Joensuun toimipaikka
juha.laitila@metla.fi*

Kantomurskeen tuotannossa päätyövaiheita on neljästä viiteen haketuspaikan sijainnista riippuen. Kantomurskeen tuotantoketju alkaa kantojen nostolla, pilkonnalla ja esikasauksella palstalle, minkä jälkeen seuraavat vaiheet ovat metsäkuljetus, välivarastointi, kantojen autokuljetus murskauspaikalle, murskaus ja polttomurskeen toimitus loppukäyttäjälle. Kantojen murskaus polttojakeeksi voi tapahtua joko käyttöpaikalla, terminaalissa tai välivarastolla.

Kantojen nosto keskittyy roudattomille ja lumettomille kuukausille, eli korjuukausi alkaa yleensä toukokuussa ja päättyy marras-joulukuussa. Kannon lämpöarvo on korkea, minkä vuoksi laadukkaan polttomurskeen kulutushuiput osuvat keskitalven pakkaskuukausille, jolloin teollisuuden ja yhdyskuntien energian tarve on suurimmillaan. Nostettavat kannot ovat pääasiassa kuusta. Mäntykantoja korjataan kuusen kantojen ohessa sekametsien päätehakkuilta, tonteilta, maanrakennustyömailta tai turvetuotantoalueiden valmistelutyömailta. Metsähakkeen käyttömäärien ja - tavoitteiden kasvaessa kiinnostus mäntykantojen laajamittaisesta hyödyntämisestä kuusikantojen tapaan on lisääntynyt viimeisten vuosien aikana etenkin niillä alueilla, joissa on pulaa metsähakkeesta.

Nostotyön yhteydessä läpimitaltaan alle 30 cm kannot halkaistaan ja sitä suuremmat pilkotaan 3 – 4 kappaleeseen. Kantojen nosto tehdään kaivukoneella, jossa on joko kantohara tai kantoharvesteri. Kantoharassa ei ole paloitteluteriä, vaan kannon paloittelu tapahtuu repäisemällä kantoa juurenniskasta nostotyön yhteydessä. Kantoharvestereilla kannon paloittelu tapahtuu puolestaan hydraulisten leikkuuterien avulla. Kantojen koosta, puulajista ja maaperästä riippuen nostotyössä käytetään sekä alle että yli 20 tonnin kokoluokan kaivukoneita. Metsäkoneita ei käytetä kantojen nostossa, koska koneiden puomien rakenne tai nostovoima ei sovellu repivään nostotyöhön, eikä markkinoilla ole yksittäisiä prototyypilaitteita lukuun ottamatta metsäkoneisiin sopivia kantoharvestereita. Lisäksi tela-alustaiset kaivukoneet ovat hankintahinnaltaan ja käyttökustannuksiltaan huomattavasti edullisempia kuin metsätraktorit tai hakkuukoneet.

Nostetut ja paloitetut kannot ovat kasattuina palstalla muutaman viikon, jolloin ne kuivahtavat ja sade tai tuuli irrottaa juurakoihin jääneitä epäpuhtauksia. Joissain tapauksissa, esim. maaperän heikon kantavuuden vuoksi, kantojen metsäkuljetus tehdään talviaikaan maan ollessa roudassa. Metsäkuljetussa käytetään samaa kalustoa, kuin latvusmassan lähikuljetuksessa. Yleensä kuormatraktorissa on normaalin puutavarakouran tilalla hakkuutähdekoura ja kuormatilaa on paranneltu jatkokappaleilla tai lisätolpilla kuormatilan kasvattamiseksi tai materiaalin kyydissä pysymisen vuoksi. Kantojen metsäkuljetuksessa kuormauksen ja purkamisen ajanmenekki on huomattavan suuri, mikä johtuu ennen kaikkea kantopalojen epäyhtenäisestä koosta ja rakenteesta sekä kantopalojen joukkoon joutuneiden epäpuhtauksien poiston aiheuttamasta lisäajanmenekistä.

Kuluvan vuoden aikana kantojen ympärillä on velloneut kivihiielen katkuinen vilkas keskustelu kantojen korjuun seurannaisvaikutuksista. Tässä esityksessä keskitytään käymään läpi keskeisimpiä tutkimustuloksia kuusi- ja mäntykantojen korjuusta, kantohakkeen kustannusrakenteesta, hankinnan kehittämistarpeista sekä visioimaan mahdollisia uusia korjuutapoja kantohakkeen tuotantoon 2020-luvulla.

Laitila, J. 2010. Kantojen korjuun tuottavuus. Metlan työraportteja 150. 29 s.

Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen, A. 2010. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT Tiedotteita 2564. 143 s

Laitila, J., Ranta, T. & Asikainen, A. 2008. Productivity of stump harvesting for fuel. International Journal of Forest Engineering 19(2): 37-46

Laitila, J. 2008. Nykyisten kannonostomenetelmien soveltuvuus mäntykantojen nostoon. Raportti VTT:lle. 29 s.

Energiäkäyttöön nostettujen kuusen kantojen kosteus

Jussi Laurila ja Risto Lauhanen

Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö

jussi.laurila@seamk.fi

Kuusen kannot ovat merkittävä bioenergian lähde maassamme, jossa puun poltolla on pitkät perinteet. Kustannustehokas kantopuun käyttö on voimakkaasti riippuvainen puuaineen kosteudesta. Kosteus vaikuttaa mm. kaukokuljetuskustannuksiin ja polton kannattavuuteen. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kuusen kantojen kosteutta välittömästi kannon noston jälkeen sekä tietyn aikavälein nostosta. Aineisto kerättiin sekä hakkuuaukeilta että tienvarsivarastoista. Välittömästi kannon noston jälkeen kuusen kantojen keskimääräinen kosteus oli 53 %. Kannot kuivuiivat melko nopeasti kevään ja kesän aikana ja kuukauden kuluttua nostosta kantojen kosteus oli keskimäärin enää 31 %. Alin mitattu kosteustulos oli ainoastaan 13 %. Mikäli, kannot kuivuvat kunnolla kesän aikana, niin ne eivät kastu enää kovin helpolla syksyllä uudestaan. Joka kevät ja kesä kantopuun kosteus oli alemmalla tasolla kuin vastaavaan aikaan edellisvuonna. Kantojen vuotuista kosteuden muutosta voidaan kuvata ylöspäin aukeavalla paraabelilla, jolloin kosteus on alimmillaan heinäkuussa ja ylimmillään sekä vuoden lopussa että alussa. Parhaiten kuusen kantojen kosteutta, tässä tutkimuksessa, kuvasi neljän muuttujan kosteusmalli (R^2 0,63), jossa selittävinä tekijöinä olivat kalenteriviikkonumero, ilman kosteus, lämpötila ja kuivumisaika. Kolmen vuoden varastointiajan päätyttyä kantopuun lämpöarvo oli 5,2 MWh/t eli lähes sama kuin tuoreen kantopuun lämpöarvo kuiva-aineesta mitattuna. Kantojen tuhkapitoisuus oli varastointiajan päätyttyä 1,7 %, kun yleensä puun tuhkapitoisuus on noin 0,5 %. Kantopuun tuhkapitoisuutta nostaa juuriin tarttunut maa-aines. Yhteenvetona voidaan todeta, että kantopuu oli hyödynnettävissä energiäkäyttöön ympäri vuoden koko kolmen vuoden varastointiajan lukuun ottamatta kuukauden kuivumisaikaa alussa.

Alkuperäinen tutkimusartikkeli: ”Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Moisture Content of Norway Spruce Stump Wood at Clear Cutting Areas and Roadside Storage Sites” on julkaistu *Silva Fennica*ssa (vol. 44/3, 2010).

Kanto- ja juuripuun kaukokuljetuksen kustannusrakenne

Teijo Palander^{1*}, Jaska Salonen¹ ja Heikki Ovaskainen¹

¹ Itä-Suomen yliopisto

* teijo.s.palander@uef.fi

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kanto- ja juuripuun kaukokuljetuksen kustannusrakenne vertailevan aikatutkimuksen periaatteella. Tutkimusta varten rakennettiin käyttöpaikkamurskausetjuun soveltuva kaukokuljetuskalusto. Kalusto rakennettiin kuorma-auton, Scania 460 G, alustalle ja tutkimuksen aikana mitattiin 39 kuormaa. Kuormatilan kokonaistilavuus oli 153 m³, jossa oli 25 % lisäys aikaisempaan kalustoon verrattuna. Tuloksia verrattiin kuljetuskaluston perusratkaisuun, Volvo, jossa kuormatilan suuruus oli 97 m³. Volvolle mitattiin 8 kuormaa, joissa oli mukana kaikki työvaiheet. Kuormien keskipainot olivat Scanialla 19,0 ja Volvolla 12,6 tonnia. Keskimääräinen kuormausaika oli Scanialla 58 minuuttia ja kuorman purku-aika 39 minuuttia. Kuormauksen taakkakoko oli Scanialla 196 kg ja Volvolla 220 kg. Kuorman purun yhteydessä taakkakoko oli Scanialla 233 kg ja Volvolla 241 kg. Tehotyöaika oli Scanialla 1355 cmin/t ja käyttöaika 1501 cmin/t. Kuorma-autojen käyttöaste oli Scanialla 86,6 % ja Volvolla 92,6 %. Keskimääräinen tehotuntuottavuus oli Scanialla 5,4 t/h, keskihajonnan ollessa 2,77. Volvolla keskimääräinen tehotuntuottavuus oli 5,0 t/h. Yksikkötuntikustannuslaskelman mukaisella tuntikustannuksella (63,7 €/h) kantotonnin kuljetuskustannukseksi laskettiin 13,92 €/t, keskihajonnan ollessa 4,64.



Salonen, J. 2008. Kanto- ja juuripuun kaukokuljetuksen kustannusrakenne. Itä-Suomen yliopisto, Metsäteknologian Pro-Gradu tutkimus. 45 s.

POSTERIT

Ecosystem services of boreal mires and peatlands

Kaisu Haapala ym.

Will the harvesting of peatland forest mobilize heavy metals?

Liisa Ukonmaanaho ym.

Ekosysteemipalvelukäsitteen hyödyntäminen elinkaariarvioinnissa - esimerkkinä bioenergian tuotanto

Anne Holma ym.

Linking forest biodiversity with ecosystem services: Could general biotope classification data help?

Petteri Vihervaara ym.

Endophytic fungi associated with terrestrial orchids *Platanthera bifolia* and *Epipactis helleborine*

Henri Vanhanen ym.

Symbiontiset juuristosienet kuusentaimien kasvun tukena

Irmeli Vuorinen ym.

The fungal community structure in stone samples within *Tricholoma matsutake* shiro

Jinrong Lu ym.

Fungal community composition affects the rate of decomposition in *Picea abies* woody substrate

Lara Valentin ym.

Sienilajiston suhde lahoavan puun ominaisuuksiin

Tiina Rajala ym.

Miten ilmastonmuutos vaikuttaa metsien kasvuun ja metsätuhoihin?

Mikko Peltoniemi ym.

Soil carbon stock change monitoring with Yasso07 model – testing against repeated soil carbon samples and application to Finnish GHG inventory

Aleksi Lehtonen ym.

Voiko metsämaan vesitaseen simuloinneilla selittää ja ennustaa metsän kuivuusvaurioiden esiintymistä?

Tapio Linkosalo ym.

Valuma-aluesuunnittelu Metsähallituksen metsätaloudessa

Timo Hiltunen & Antti Leinonen

Metsien luontaiseen häiriödynamiikkaan perustuvat käsittelymallit

Timo Kuuluvainen ym.

Kuusipuun ominaisuudet viidellä eteläsuomalaisella eri-ikäisellä ERIKA-koealalla

Riikka Piispanen ym.

Private or socialistic forestry? Forest transition in Finland vs. deforestation in the tropics

Matti Palo ja Erkki Lehto

Advanced spatially explicit method for estimating the technical potential of forest energy from regeneration fellings (RESGIS)

Perttu Anttila ym.

Havupuiden kannot: kuoren rakenne ja bioaktiiviset yhdisteet

Harri Latva-Mäenpää ym.

Ecosystem services of boreal mires and peatlands

Kaisu Aapala^{1}, Marianne Kettunen^{2,1}, Emmi Haltia³, Raimo Heikkilä¹, Paula Horne³, Jukka-Pekka Jäppinen¹, Liisa Maanavilja⁴, Anni Ruokolainen⁵, Lauri Saaristo⁶, Tapani Sallantausta¹, Suvi Silvennoinen^{5,1}, Eeva-Stiina Tuittila^{4,5}, Harri Tukia¹ and Petteri Vihervaara¹*

¹ Finnish Environment Institute, ² Institute for European Environmental Policy, ³ Pellervo Economic Research, ⁴ University of Helsinki, ⁵ University of Eastern Finland, ⁶ Forestry Development Centre Tapio

* *kaisu.aapala@ymparisto.fi*

Ecosystem services are defined as the goods and processes produced by an ecosystem that directly or indirectly benefit human well-being. The objective of our project is to identify and evaluate ecosystem services provided by pristine mires and managed peatlands. The work will be based on a case study carried out in the North Karelia Biosphere Reserve in Eastern Finland.

Peatlands and mires are a source of important natural resources: e.g. timber, berries, game and peat for fuel. They mitigate climate change by storing carbon and regulate the circulation and quality of water. Pristine mires can serve as sites for recreation and tourism. Mire ecosystems sustain biodiversity: they harbour unique species and habitats of high conservation value.

Given the range of different values and services, it is not surprising that mire and peatland ecosystems face conflicting demands for their use. Furthermore, ecosystem services take place in different spatial scales and benefit different groups of people. Trade-offs occur when the provision of one ecosystem service is reduced as a consequence of increased use of another service (e.g. Rodrigues et al. 2006). For example, drainage of mires and peatlands to enhance wood production may reduce water quality downstream. In the most extreme case, such as peat mining, the trade-offs between different ecosystem services can be irreversible, even leading to the complete change of ecosystem and loss of all other services provided by the site. So far the trade-offs between ecosystem services have not been fully integrated into the decisions on land use on peatlands.

Our project aims to increase the knowledge on mire and peatland ecosystem services, including different values and benefits, beneficiaries, spatial scales and trade-offs. The outputs of the project will contribute to the development of concrete measures to combine the conservation and sustainable use of mires and peatlands in the long-term.

Rodríguez, J., Beard, T., Bennett, E., Cumming, G., Cork, S., Agard, J., Dobson, A. & Peterson, G. 2006. Trade-offs across Space, Time, and Ecosystem Services. *Ecology and Society* 11: 28.

Will the harvesting of peatland forest mobilize heavy metals?

Liisa Ukonmaanaho^{1,*}, Mike Starr², Marjatta Kantola¹, Juha Piispanen¹, Mika Nieminen¹, Markku Mäkilä³, Kirsti Loukola-Ruskeeniemi³ and Tiina M. Nieminen¹

¹ Finnish Forest Research Institute, ² University of Helsinki, ³ Geological Survey of Finland

* liisa.ukonmaanaho@metla.fi

In accordance with current Finnish energy policy, tree tops, branches and stumps produced at harvesting should also be removed and used as biofuel. However, compared to traditional stem-only harvesting (SOH) the impacts of such whole-tree harvesting (WTH) on biogeochemical cycling and leaching, are largely unknown, especially concerning heavy metals and drained peatland forests. In this study we compare the effects of SOH and WTH of drained peatland forests on the concentrations of heavy metals in drainage waters using a "paired catchment" approach. We hypothesized that the greater degree of disturbance and increase in the amount of standing water associated with WTH would result in increased heavy metal concentrations in drainage waters. We will further investigate differences in heavy metal losses between catchments on different bedrock types (black shale/ granitic bedrock). Eight small (0.5–3 ha) drained peatland catchments, located in eastern Finland, were selected for study. The forests were dominated by Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*). In 2007, study sites were established. In 2009, two catchments were harvested using SOH and four catchments harvested using WTH; the remaining two catchments were left unharvested (controls). Ditch water sampling has been carried out between April 2008 and October 2010 during the snow free period. Samples for heavy metal analyses were determined with ICP-AES. Preliminary results indicate that there are large differences in heavy metal concentrations in ditch water quality before and after harvesting (Table 1). However, only Fe concentration increased clearly after harvesting in all catchments. Effect of harvesting method (WTH/SOH) or underlain bedrock type (granite/black shale) on to the ditch water quality was less than expected. Therefore it is probable that heavy metals in the ditch water are more origin of historical heavy metal deposition, which has been accumulated and stored in the peat, than from the underlain bedrock. Response ratio (Table 2), results indicated that at most of the sites regardless of harvesting method (WTH/SOH), harvesting increased heavy metal concentration in ditch water

Table 1. Ditch water concentrations before (1) and after (2) harvesting. KV13 and ML09 are control sites, WTH was carried out at KV14, KV22, ML07 and ML10 sites, SOH M10 and S24 sites.

| | Cr | Cu | Ni | Al | Fe | Zn |
|-------------------|--------|------|-------|------|------|------|
| | µg/L | | | mg/l | | |
| KV13* | 1 1.60 | 0.76 | 0.99 | 0.07 | 0.70 | 0.03 |
| | 2 1.44 | 1.13 | 0.72 | 0.06 | 0.73 | 0.02 |
| ML09 [□] | 1 1.46 | 0.73 | 1.78 | 0.08 | 0.55 | 0.03 |
| | 2 1.25 | 1.18 | 1.45 | 0.07 | 0.28 | 0.02 |
| KV14* | 1 1.23 | 0.92 | 1.16 | 0.09 | 2.00 | 0.03 |
| | 2 1.03 | 1.35 | 0.90 | 0.10 | 2.87 | 0.04 |
| KV22* | 1 1.84 | 1.21 | 2.22 | 0.46 | 1.04 | 0.03 |
| | 2 1.96 | 2.03 | 2.94 | 0.75 | 2.32 | 0.03 |
| ML07 [□] | 1 1.82 | 3.11 | 75.46 | 0.51 | 1.24 | 0.14 |
| | 2 1.70 | 2.97 | 44.90 | 0.43 | 2.09 | 0.09 |
| ML10 [□] | 1 2.16 | 0.96 | 1.66 | 0.12 | 3.64 | 0.03 |
| | 2 2.02 | 1.79 | 1.78 | 0.20 | 7.36 | 0.07 |
| M10 [□] | 1 1.03 | 1.77 | 3.08 | 0.32 | 0.61 | 0.03 |
| | 2 0.86 | 1.74 | 3.22 | 0.41 | 0.89 | 0.03 |
| S24* | 1 1.37 | 1.19 | 1.23 | 0.21 | 0.69 | 0.03 |
| | 2 1.20 | 1.36 | 1.22 | 0.28 | 1.33 | 0.02 |

Table 2. Response to harvesting. When response ratio is >1 element concentration in ditch water has increased in treated sites (after harvesting) in relation to control sites.

| | Cr | Cu | Ni | Al | Fe | Zn |
|------|------|------|------|------|------|------|
| KV14 | 0.92 | 0.99 | 1.06 | 1.51 | 1.38 | 2.33 |
| KV22 | 1.18 | 1.13 | 1.82 | 2.15 | 2.15 | 1.52 |
| ML07 | 1.08 | 0.58 | 0.73 | 0.95 | 3.35 | 0.94 |
| ML10 | 1.09 | 1.14 | 1.31 | 1.81 | 4.02 | 3.26 |
| M10 | 0.96 | 0.60 | 1.28 | 1.43 | 2.90 | 1.43 |
| S24 | 0.98 | 0.77 | 1.36 | 1.71 | 1.84 | 1.18 |

*underlain by granitic bedrock, [□] underlain by black shale

Elinkaarianalyysin ja ekosysteemipalvelu -konseptin yhdistäminen - tarkastelussa metsäbioenergian tuotanto

Anne Holma, Riina Antikainen, Pekka Leskinen, Petteri Vihervaara, Raimo Heikkilä & Eeva Primmer.*

Suomen ympäristökeskus

** anne.holma@ymparisto.fi*

EU:n asettamien ja kansallisten ilmastonmuutoksen hillintätavoitteiden myötä metsäbiomassan käyttö tulee lisääntymään ja tehostumaan energiantuotannossa ja rakentamisessa huomattavasti. Tehostaminen merkitsee sitä, että biomassaa korjataan metsistä entistä laajamittaisemmin. Tällä on vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen, maaperän laatuun ja sitä kautta moniin metsien tarjoamiin ekosysteemipalveluihin.

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, LCA) on menetelmä, jolla voidaan selvittää tuotteiden ja palveluiden hankintaketjun ympäristövaikutuksia. Tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia tarkastellaan niiden elinkaaren eri vaiheissa. Vaikutuksia arvioidaan tiettyjen ympäristövaikutusluokkien perusteella, joihin kuuluvat mm. ilmastonmuutos, happamoituminen, humanitoksisuus ja ekotoksisuus. Eräiden ympäristövaikutusluokkien, kuten luonnon monimuotoisuuden, maaperän laadun ja maankäytön, arviointiin ei vielä ole olemassa vakiintuneita menetelmiä ja riittäviä lähtötietoja (Soimakallio ym. 2009). Kriittisin tarve on luonnon monimuotoisuuden mittareille. LCA:n tukena voidaan käyttää monikriteerianalyysiä, joka mahdollistaa myös kvalitatiivisten indikaattoreiden huomioimisen ympäristövaikutusten arvioinnissa. Lisäksi monikriteerianalyysi mahdollistaa erilaisten sidosryhmien mielipiteiden huomioimisen: sidosryhmiltä (metsänomistajat, ympäristöjärjestöt, metsän virkistyskäyttäjät) kysytään painoarvoja eri ympäristövaikutusten ja ekosysteemipalveluiden tärkeydestä kokonaistarkastelujen tekemiseksi.

Luonnon monimuotoisuus ja maaperän laatu vaikuttavat ympäristön kykyyn tuottaa ihmisen kannalta tärkeitä aineellisia ja aineettomia hyötyjä, ekosysteemipalveluja, kuten puhdasta vettä ja puhdasta ilmaa. Luonnon monimuotoisuuden mittaaminen tai muuttaminen jollekin vertailukelpoiselle asteikolle on kuitenkin haastavaa. Metsäbiomassan tuotannon ja käytön ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella myös ekosysteemipalvelu -konseptin käsitteiden ja indikaattorien avulla. Ekosysteemipalveluiden arvioinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisia karttatyökaluja, joita voidaan käyttää arvioitaessa bioenergian tuotannon vaikutuksia muun muassa luonnon monimuotoisuuden ja veden ja maaperän laatuun. Ekosysteemipalvelunäkökulman ja LCA:n yhdistäminen ja yhtäaikainen tarkastelu mahdollistaisikin metsäenergian tuotantoketjun paremman ekologisten ja yhteiskunnallisten vaikutusten ymmärtämisen sekä antaisi paremmat välineet päätöksenteon tueksi (Zhang et al. 2010 a & b). Tässä esityksessä pohditaan miten elinkaariarviointi ja ekosysteemipalvelu – konsepti voidaan yhdistää palvelemaan kestävää metsävarojen tuotantoa ja käyttöä.

Soimakallio, S., Antikainen technologies – A Finnish approach. VTT tiedotteita – Research notes 2482., R.,

Thun, R. (eds.), 2009. Assessing the sustainability of biofuels from evolving

Zhang, Y., Singh, S., Bakshi, B. R., 2010a Accounting for Ecosystem Services in Life Cycle Assessment,

Part I: A Critical Review, Environmental Science and Technology, 44 (7), 2232-2242.

Linking forest biodiversity with ecosystem services: Could general biotope classification data help?

Petteri Vihervaara^{1}, Timo Kumpula², Anni Ruokolainen², Ari Tanskanen² ja Benjamin Burkhard³*

¹ Finnish Environment Institute (SYKE), ² Department of Geography, University of Eastern Finland,

³ Institute for the Conservation of Natural Resources, Christian Albrechts University Kiel, 24098 Kiel, Germany

** petteri.vihervaara@ymparisto.fi*

It has widely been accepted that ecosystem services [ES] should be taken into account in natural resource management decisions. Hence, there is an increasing need for innovative quantification methods and tools evaluating ES on different landscape scales and under varying land use forms. Integrating biodiversity protection with provision of ES is a key element for sustainable land-use planning. GIS and spatial analysis together with various environmental data sets present suitable foundation for ES evaluation.

Recent advances in earth observation technologies have supported landcover based ES mapping in global, regional, and local scales. Global and regional landcover maps can help in coarse assessments of some biophysical characters of the environment, but they can not provide exact information of local biodiversity and biotope types which form the base of ES. More detailed tools such as aerial photographs and land surveys are needed. General biotope classification data (Tuominen et al. 2001) can offer this kind of more accurate knowledge of landcover and biotopes. General biotope data is, so far, mainly absent in private lands in Finland, but available for some protection areas. This data is stored in the SutiGis data base managed by Metsähallitus.

We tested the use of general biotope data for ecosystem service mapping in Urho Kekkonen National Park in Northern Finland. We think of that data-rich protection areas offer excellent study sites for developing the methodology to integrate coarse remote sensing data such as CORINE with more detailed ecological and structural data collected from aerial photographs and ground surveys. In comparison with CORINE data, general biotope data enhanced assessment of ES provided by different forest types. In addition use of biotope data may support linking attributes of biodiversity with landscapes capacity to provide ES. Implementation of various data sources improve managing protection areas, and help optimizing multiple land use objectives.

Tuominen, S., Eeronheimo, H. ja Toivonen, H. 2001. Yleispiirteinen biotooppiluokitus. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja, Sarja B No 57.

Endophytic fungi associated with terrestrial orchids *Platanthera bifolia* and *Epipactis helleborine*.

Henri Vanhanen^{1,2*}, Outi Kaltiainen² & Riikka Linnakoski^{2,3}

¹MTT Agrifood Research Finland, Sotkamo researchstation, Kipinäntie 16, 88600 Sotkamo, ²University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, School of Forest Sciences, Yliopistokatu 7, 80101 Joensuu, ³Section of Biodiversity and Environmental Science, Department of Biology, 20014 University of Turku

* henri.vanhanen@mtt.fi

Terrestrial orchids have symbiotic associations with forest floor fungi. Fungal associates range from species to species e.g. some of the fungal species have been identified as antagonistic to other fungi, and some are pathogens of trees. Orchids are totally dependent of their symbiotic fungi during germination and mycoheterotrophic seedling stage. Fungal endophytes of Finnish orchids are largely or almost totally unknown and the associations between species have not been identified.

We isolated endophytic fungi from Finnish terrestrial orchids with “one peloton” –method to identify associations between fungal species and it’s host plant. Two orchid species, the Lesser Butterfly-orchid (*Platanthera bifolia*) and the Broad-leaved Helleborine (*Epipactis helleborine*) habiting various biotopes from herb-rich forest to open pastures, were investigated. Isolations revealed multiple fungal species associated with these orchid species. Partial ribosomal DNA sequences (ITS 1, 5.8S & ITS2) were determined for these isolates. *Trichoderma hamatum*, and *Mortierella* sp. were isolated from *P. bifolia* and *Penicillium purporogenum* and *Mortierella* sp. from *E. helleborine*. All of the isolated species are common fungal species of forest floor and have been identified to have associations with various plant species ranging from cacao (*Theobroma cacao*) to Australian orchids.

Symbionttiset juuristosienet kuusentaimien kasvun tukena

Irmeli Vuorinen*, Sannakajsa Velmala, Tiina Rajala, Tuula Piri ja Taina Pennanen
Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus
*irmeli.vuorinen@metla.fi

Happamassa metsämaassa sienien toiminta on ekosysteemin toiminnan kannalta merkittävässä roolissa. Symbionttiset juuristosienet eli mykorrhizit ovat välttämättömiä puiden ravinteiden- ja vedenotossa ja suojaavat myös puita patogeenisilta mikrobeilta ja monilta ympäristön stressitekijöiltä kuten kuivuudelta. Kuusi on yleisin istutuspuulajimme, ja sitä tuotetaan taimitarhoilta yli 110 miljoonaa tainta vuodessa. Kuitenkin jopa 20% kuusentaimista menehtyy istuksen jälkeisinä vuosina, mikä merkitsee huomattavaa tappiota taimituotannon ja istutustyön kustannuksina. Taimitarhalla lähteville istutuskuusille on tyypillistä taimen pituuteen verrattuna pieni juuristo johtuen voimakkaasta lannoituksesta. Lannoitus vähentää myös hyödyllisiä juuristosieniä, mikä heikentää taimien veden ja ravinteiden saantia. Tutkimusryhmämme on perehtynyt kuusentaimien juuristosienien hyödyntämiseen taimituotannossa ja niiden monimuotoisuuteen vaikuttaviin tekijöihin.

Juuristosienet kasvun edistäjinä Tutkimustuloksiamme mukaan hyvin kehittynyt juuristo on kookasta versoa selvästi tärkeämpi ominaisuus istutuksen jälkeisen kasvun kannalta. Voimakas typpilannoitus taimitarhalla hidastaa taimien alkukehitystä ennen kuin juuristo saa symbionttisia sieniä istutuspaikalla. Olemme löytäneet useita kuusentaimien alkukehitystä parantavia juuristosieniä. Näiden sienien käytännön hyödyntämistä kuusen taimitarhakasvatuksessa tutkitaan ja alustavasti näyttää siltä, että yksi sienikannoistamme (*Meliniomyces sp.*) kestää kaikki kaupallisen tuotannon eri vaiheet ja sopeutuu ainakin jossain määrin taimitarhaolosuhteisiin. Tuotteistettua juuristosienikasvustoa olisi mahdollista käyttää taimitarhoilla parantamassa kuusentaimien laatua istutuksen jälkeen.

Juuristosienet juurikäävän torjunnassa *Meliniomyces*-sukuun kuuluva juuristosieni kykeni pysäyttämään juurikääpärihmaston kasvun ja suojaamaan isäntätaimensa juurikääpärtartunnalta laboratorio-olosuhteissa. Olemme eristäneet sienien kuivuus-stressatusta maasta joten pyrimme tutkimaan myös sen antagonististen ominaisuuksien lisäksi sen kykyä suojella isäntätaimetta istutuksen jälkeisiltä kuivuuskausilta.

Puun perimän vaikutus juuristosieniin Tutkimuksiamme mukaan kentällä nopeasti kasvavilla kuusiyksilöillä on suurempi symbionttisten juuristosienien monimuotoisuus kuin hitaasti kasvavilla. Meneillään olevassa tutkimuksessa selvittämme kuusen geneettisen perimän merkitystä symbioottisten ektomykorrhizasiementen monimuotoisuuden muodostumiselle. Uusien tulostemme mukaan nopeasti ja hitaasti kasvavien kuusien hienojuurien rakenne poikkeaa toisistaan. Tämän ominaisuuden periytyvyysaste on korkea, ja sitä voidaan hyödyntää kuusen jalostuksessa.

- Korkama, T., Pakkanen, A. & Pennanen T. 2006. Ectomycorrhizal community structure varies among Norway spruce (*Picea abies* L.) clones. *New Phyt.* 171:815-824
- Korkama T., Fritze, H., Pakkanen A. and Pennanen T. 2007. Interactions between extraradical ectomycorrhizal mycelia, microbes associated with the mycelia and growth rate of Norway spruce (*Picea abies*) clones. *New Phyt.* 173:798-807. 38.
- Flykt, E., Timonen, S., and Pennanen, T. 2008. Variation of ectomycorrhizal colonization of spruce seedlings in Finnish forest nurseries. *Silva Fennica* 42 (4):571-585.
- Vaario, L.-M., Tervonen, A., Haukioja, K., Haukioja, M., Pennanen, T., Timonen, S. 2009. The effect of nursery substrates and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. *Can. J. For. Res.* 39:1-12.

The fungal community structure in stone samples within *Tricholoma matsutake* shiro

Jinrong Lu, Taina Pennanen & Lu-Min Vaario
Finnish Forest Research Institute
jinrong.lu@metla.fi

Tricholoma matsutake is an ectomycorrhizal fungus and forms symbiosis with conifer trees (Vaario, et al., 2010). It is one of the most valuable mushrooms in Japan, China, Korea and North Korea. The annual production decreased dramatically from 3000 tons in 1960 to 211 tons in 1995 and drop to 34 tons in 2005. The reason for the decrease are believed to be the accumulation of humus in conifer tree forest, death of the trees, acid rain and the collection of immature fruit bodies from the field (Kusuda, 2008). *T. matsutake* exists in the shiro, a unique and massive aggregate of mycorrhizal mycelia, host plant roots and soil particles (Vaario, et al., 2010). Many studies have focused on its physiology, chemistry and cultivating matsutake under controlled conditions. However, the understanding on mechanism of shiro formation is still very limited. The previous study of this project has showed that *T. matsutake* dominated in mineral soil (shiro), but also co-existed with a high diversity of fungi and actinobacteria. According to our previous field observation, *T. matsutake* lives in mineral soil layer, and was often in association with many small stones. This phenomenon has also been reported in other studies (Suzuki, 2005). Whether stone is just an occasional substrate in shiro or has any functional connection with *T. matsutake* is unknown. The aim of the work is to investigate the fungal community from stone within shiro. We hypothesized that the fungal community on the stone would differ from the shiro soil and *T. matsutake* might co-exist with certain species on the stone.

This study was conducted in a *T. matsutake* producing forest site in southern Finland (60°18'16"N, 24°31'10"E) in 2009. In this site, we harvested 67 matsutake sporocarps during July to October, sampled stones from 33 shiro soil among 67 sporocarps locations. Each stone from each shiro soil sample was picked and shook away the loosely attached soil particles. Total soil DNA was extracted and fungal DNA were amplified using GC-clamped ITS1F and ITS2 primers and visualized by DCode denaturation gradient gel electrophoresis (DGGE). The bands were cut, amplified, sequenced and analyzed. Our results showed that 31 fungal operational taxonomic units (OTUs) were identified according to DGGE bands, which belong to Ascomycota and Basidiomycota. *Tricholoma matsutake* dominated the microbial colonization. *Penicillium spinulosum*, *Piloderma lanatum* and *Russula decolorans* were main OTUs frequently co-existing with *T. matsutake* on stone. In conclusion, less fungal OTUs were detected from stone surface in comparing with our previous data from soil in shiro; the frequently existing OTUs with matsutake on stone are identical from those from the soil. Further study on those species will provide more knowledge on better understanding of *T. matsutake* dominated fungal community and its relation to matsutake sporocarp formation.

Kusuda, M., Ueda, M., Miyatake, K. & Terashita, T. 2008. Characterization of the carbohydrase productions of an ectomycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake*. *Mycoscience* 49: 291–297.

Suzuki, K. 2005. Ectomycorrhizal ecophysiology and the puzzle of *Tricholoma matsutake*. *J. Jpn. For. Soc.* 87: 90–102.

Vaario, L-M., Pennanen, T., Sarjala, T., Savonen, E. and Heinonsalo J. 2010. Ectomycorrhization of *Tricholoma matsutake* and two main forest tree species in Finland - an assessment of *in vitro* mycorrhiza formation. *Mycorrhiza* 20: 511–518.

Fungal community composition affects the rate of decomposition in *Picea abies* woody substrate

Lara Valentín*, Tiina Rajala, Taina Pennanen and Raisa Mäkipää

Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18 (Jokiniemenkuja 1), FI-01301 Vantaa

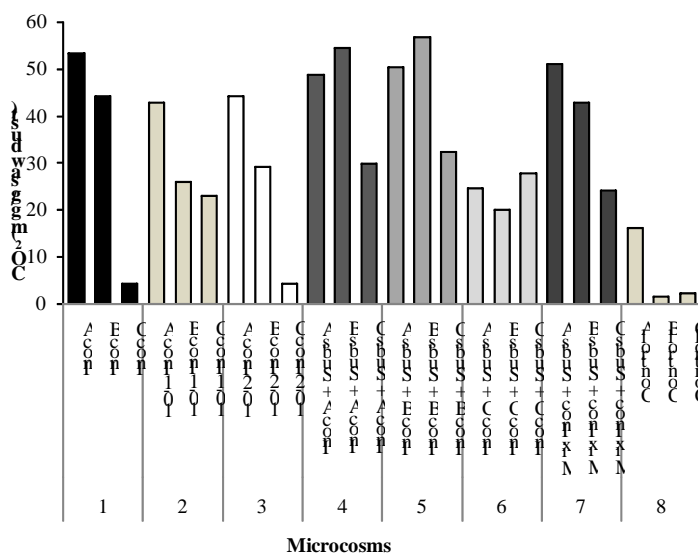
* lara.valentin@metla.fi

Changes in the species diversity and community composition have potentially large influence on ecosystem functioning, e.g. decomposition and nutrient cycling. Effect of fungal community composition on wood decay have been studied either by inoculating the wood with fungal strains or by cultivating the most active fungi on wood in malt extract-agar plates. This study addressed the effect of natural fungal community structure during the decomposition of Norway spruce under laboratory conditions. We studied the effect of fungal diversity on rate of decomposition by artificially diluted fungal community. Woody substrate was obtained from decaying logs that represented three different decay phases: A=heavily, B=moderately and C=slightly decayed material.

In total, eight different microcosms with three replicates were prepared on sealed 100 ml-flasks incubated at 21 °C in darkness for 12 weeks. Respiration activity was measured by injecting the air from the flask into a gas chromatograph.

Results showed that CO₂ production decreased in correlation with wood quality being highest in heavily decayed substrate (A) where number of fungal taxons is high. When diversity of fungal community was decreased with artificial dilution, a slight decrease in CO₂ production was observed during the incubation of moderately decayed substrate (B). The study of the effect of species composition revealed that heavily (A) and moderately decayed (B) sawdust inhabiting-fungi enhanced the degradation of the most recalcitrant sawdust (C). Interestingly, the combination of all fungal species was not detrimental for wood degradation process as compared with microcosms 1. In conclusion, fungal community composition had an effect on wood decomposition depending on the wood quality and decay stage. Further DNA analysis will be performed to reveal the succession of fungal community.

Figure 1. Cumulative CO₂ production per mass of sawdust in dry weight after 12 weeks of incubation. Microcosms are: 1 = non-autoclaved inocula; 2 = diluted inocula 10⁻¹; 3 = diluted inocula 10⁻²; 4 = sawdust A with different substrates; 5 = sawdust B with different substrates; 6 = sawdust C with different substrates; 7 = mix inocula of A+B+C with different substrates; 8 = autoclave sawdust.



Sienilajiston suhde lahoavan puun ominaisuuksiin

FT Tiina Rajala, FT Mikko Peltoniemi, FT Taina Pennanen and MMT Raisa Mäkipää, Metsäntutkimuslaitos, tiina.rajala@metla.fi

Lahopuulla ja sillä elävällä lajistolla on suuri merkitys koko metsäekosysteemin biodiversiteetille sekä hiilen ja ravinteiden kierrolle. Borealisissa metsissä puun lahotuksesta vastaavat pääasiassa sienet. Lahopuulla elävien sienien tuntemus sekä tieto niiden habitaattivaatimuksista ja suknessiosta on puutteellista rajoittuen lähinnä helposti havaittaviin itiöemiin. Lajiston tiedetään muuttuvan lahon edetessä, mutta lajiston suhdetta puun lahoamisnopeuteen ja puun kemiallisten ominaisuuksien ei tunneta.

Tutkimme lahoavassa puussa kasvavan sieniyhteisön suknessiota molekyylibiologisilla menetelmillä. Tavoitteena oli tutkia kuinka sieniyhteisö muuttuu puun lahotessa ja sen kemiallisen koostumuksen muuttuessa, mikä on valko- ja ruskolahottajien sekä mykorritsasienien suhde puun ominaisuuksiin.

Aineisto kerättiin viidestä luonnontilaisen kaltaisesta, kuusivaltaisesta metsiköstä Etelä-Suomessa. Metsiköihin perustetuilta seuranta-aloilta mitattiin kuollut ja elävä puusto sekä otettiin näytteet yhteensä noin 600 maapuuringosta. Puunäytteistä eristettiin suoraan DNA, ja sieniyhteisö analysoitiin PCR-DGGE -menetelmällä (polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis) sekä Sanger-sekvensoinnilla. Näytepuista mitattiin niiden läpimitta, pituus, tiheys, N, C/N-suhde, ligniini, vesi- ja etanoliuuttuvat yhdisteet sekä kosteus.

DNA:n eristykseen lahopuusta perustuva määrittäminen osoitti, että lahopuulla elää monimuotoinen sieniyhteisö, josta kääpäälajit muodostavat vain osan, ja että sieniyhteisö muuttui puun lahotessa. Puun tiheys, etäisyys maan pintaan, typpipitoisuus, kosteus, ligniinipitoisuus, läpimitta ja tilavuus olivat merkittävästi yhteydessä sieniyhteisön rakenteeseen. Sienidiversiteetti oli suurimmillaan lahosuknession loppuvaiheessa. Kotelosienet, kuten monet katkolahottajat ja endofyyttiset sienet, olivat yleisiä lahosuknession alkuvaiheessa. Tehokkaina lahoajina pidetyt valko- ja ruskolahottajat olivat dominoiva ryhmä lahosuknession keskivaiheilla, jolloin lahoamisen ennustetaan olevan nopeimmillaan. Suknession lopussa mykorritsasienet olivat selvästi yleisin sieniryhmä. Lahoamisen loppuvaiheessa ligniinipitoisuus oli alhaisempi niissä puissa, joilla esiintyi valkolahottajia. Lahoavan puun typpipitoisuus ja typen kokonaismäärä lisääntyivät lahon edetessä ja korkeimmat typpimäärät mitattiin rungoista, joissa eli mykorritsasieniä.

Rajala, T., Peltoniemi, M., Pennanen, T. and Mäkipää, R. 2010. Relationship between wood-inhabiting fungi determined by molecular analysis (denaturing gradient gel electrophoresis) and quality of decaying logs. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 2384-2397.

Rajala, T., Peltoniemi, M., Hantula, J., Mäkipää, R. ja Pennanen, T. 2011. RNA reveals a succession of active fungi during the decay of Norway spruce logs. *Fungal Ecology*, in press.

Rajala, T., Peltoniemi, M., Pennanen, T. and Mäkipää, R. 2011. Community of wood-inhabiting fungi in relation to the substrate quality during decay succession of *Picea abies* logs, submitted manuscript.

Ovaskainen, O., Nokso-Koivisto, J., Hottola, J., Rajala, T., Pennanen, T., Ali-Kovero, H., Miettinen, O., Oinonen, P., Auvinen, P., Paulin, L., Larsson, K-H., Mäkipää, R. 2010. Identifying wood-inhabiting fungi with 454 sequencing - what is the probability that BLAST gives the correct species? *Fungal Ecology* 3: 274-283.

Miten ilmastonmuutos vaikuttaa metsien kasvuun ja metsätuhoihin?

Mikko Peltoniemi¹, Aleksi Lehtonen¹, Seppo Neuvonen², Antti Pouttu¹, Risto Sievänen¹, Petteri Muukkonen¹, Sanna Härkönen², Seppo Nevalainen², Heikki Parikka², Martti Lindgren¹, Juha Heikkinen¹, Jukka Pöntinen¹, Sakari Tuominen¹, Kalle Eerikäinen², Eeva Karjalainen¹, Eero Nikinmaa³, Annikki Mäkelä³
¹Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301, Vantaa, ²Metsäntutkimuslaitos, Joensuu, ³Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto
Sähköpostiosoitteet: etunimi.sukunimi@metla.fi tai etunimi.sukunimi@helsinki.fi

Lämpötilan ja sadannan vaihtelu säätelevät pitkälti vuotuista metsien kasvua ja hiilinieluja. Samat tekijät vaikuttavat myös metsien muuhun eliöstöön. Laajamittaisia metsätuhoja aiheuttavat hyönteiset ja sienitaudit voivat runsastua nopeasti kun ilmastolliset olosuhteet muuttuvat niille suotuisiksi. Esimerkiksi ruskomäntypistiäinen on keskittynyt kuivien kankaiden männiköille, se hyötyy kesän kuivista ja kuumista jaksoista eivätkä sen munat kestä kovia pakkasia (Virtanen et al. 1996).

Suomen metsistä on kerätty huomattava määrä tutkimustietoa viime vuosikymmenien aikana ja metsiemme puuston rakenne tunnetaan varsin hyvin: tiheän koalaverkon ja satelliittikuvien avulla luodaan kattava kuva metsikkötunnusien jakautumisesta Suomen alueella. Metsien terveydentilaa seurataan pysyvien koalojen verkoston avulla ja havaintoja metsätuhoista tehdään myös metsiä inventoitaessa (Nevalainen et al. 2010). Metsien seurannan lisäksi Suomen metsien maaperästä on tehty laajoja kartoituksia, joiden perusteella maaperän tunnuksista on laadittu koko Suomen kattava maaperäkartta joka kuvaa metsämaaperän tunnuksien vaihtelua (Lilja et al 2006).

Metlassa ja Helsingin yliopistossa alkanut Climforisk-hanke (2011–2014) kokoaa yhteen useita metsiin liittyviä tietolähteitä. Puustosta ja maaperästä kerätty tieto yhdistetään säätietoihin, hiili- ja vesitasemalleihin, sekä metsistä kerättyihin tietoihin metsätuhojen esiintymisestä. Hankkeessa pyritään luomaan entistä tarkempi kuva hiilinielujen alueellisesta jakautumisesta, sekä tunnistamaan metsätuhoihin vaikuttavia tekijöitä ja niille herkempiä alueita.

EU Life+ -rahoitteisen hankkeen tavoitteena on koostaa entistä tarkempaa tietoa viranomaisille, metsäammattilaisille ja kansalaisille lämpötilan, kuivuuden ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsiin. Hanke tulee julkaisemaan karttamuotoisia ennusteita Suomen metsien hiilinieluista ja metsätuhoalttiuteen vaikuttavista muuttujista Internetissä.

Climforisk, 2011–2014 LIFE09 ENV/FI/000571 Climate change induced drought effects on forest growth and vulnerability, www.metla.fi/climforisk

Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T., Tamminen, P (2006) Suomen maannostietokanta - Maannoskarta 1:250 000 ja määperän ominaisuuksia. MTT:n selvityksiä 114. (with English summary)

Nevalainen, S., Lindgren, M., Pouttu, A., Heinonen, J., Hongisto, M. & Neuvonen, S. (2010) Extensive tree health monitoring networks are useful in revealing the impacts of widespread biotic damage in boreal forests. *Environmental Monitoring and Assessment* 168: 159-171.

Virtanen, T., Neuvonen, S., Nikula, A., Varama M. & Niemelä, P. (1996) Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. *Silva Fennica* 30: 169-177.

Soil carbon stock change monitoring with Yasso07 model – testing against repeated soil carbon samples and application to Finnish GHG inventory

Aleksi Lehtonen¹, Miitta Rantakari¹, Raisa Mäkipää¹, Pekka Tamminen¹, Mikko Tuomi², Jari Liski², Hannu Ilvesniemi¹, Juha Heikkinen¹ and Risto Sievänen¹

¹Finnish Forest Research Institute, ²Finnish Environment Institute; aleksi.lehtonen@metla.fi

Countries should report soil carbon stock changes of forests for UNFCCC and also for Kyoto Protocol. Most countries have failed to do this. Under Kyoto Protocol one can omit a reporting of a carbon pool by verifying that the pool is not a source of carbon. At national scale verification that soils are not a source of carbon is highly demanding with annual reporting.

Dynamic soil carbon models Yasso and Yasso07 are used in Finnish greenhouse gas inventory for reporting soil carbon changes of mineral soils. In order to rely on those modeling results the Yasso07 model was tested against independent data on soil carbon accumulation.

The model parameterisation was redone with Scandinavian decomposition data, and the parameter values were estimated with MCMC methods. Soil carbon changes in Southern Finland between 1972 and 2008 were simulated by Yasso07 model with litter and biomass data derived from National Forest Inventory (NFI) time series. The simulated soil carbon accumulation was then compared against repeated measurements (sc. biosoil data) of organic layer of 201 sample plots measured 1986–1989 and 2006. The model runs were done with annual time step. Both, annual and constant (1972–2008) weather data were used to run model. Modeled and measured soil carbon change estimates did not differ statistically from each other due to large uncertainties in both. When applying Yasso07 model with annual weather data the mean soil carbon accumulation was close to the mean of measured change, while the application of mean weather data overestimated soil carbon accumulation.

The updating soil carbon model from Yasso to Yasso07 did not have much impact to national carbon stock change estimates, but the choice of weather data plays a critical role. The mineral soils of Finland turned from carbon sink to carbon source when annual weather data was used instead of long term means. The application of annual data altered mineral soil sink of ~6 Tg CO₂ to a source of same magnitude. IPCC (2003) does not provide guidelines for averaging model input data, although a very general framework is provided to handle interannual variability results. These guidelines propose averaging of time series variation to e.g. 5 years means, which are consistent with typical NFI tree increment measurements. Boreal forests have benefitted from recent warm and moist years and this can be seen partially with increased carbon sink in biomass, while simultaneously soil carbon models predicts smaller sinks of carbon (or even loss) in mineral soils due to increased decomposition.

Voiko metsämaan vesitaseen simuloinneilla selittää ja ennustaa metsän kuivuusvaurioiden esiintymistä?

Tapio Linkosalo^{1*}, Petteri Muukkonen¹, ja Annikki Mäkelä²

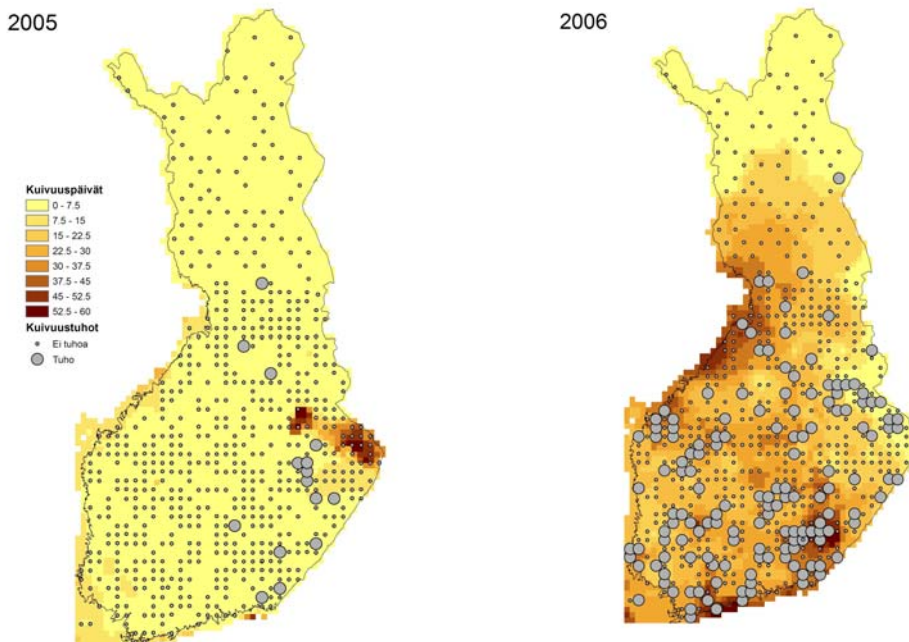
¹ Metsäntutkimuslaitos, Vantaa, ² Helsingin Yliopisto, metsätieteiden laitos

* tapio.linkosalo@metla.fi

Metsämaan vesitase riippuu mm. säästä, metsämaan ominaisuuksista sekä puuston ja muun kasvillisuuden toiminnasta. Kuivuusjaksojen vaikutuksen metsien tuotokseen ja mahdollisiin kuivuusvaurioihin arvioimista vaikeuttaa se, että kuivuusjaksot ovat pistetapahtumia, joiden esiintymistä ei voi ennustaa keskiarvotunnusten avulla. Tässä työssä kehitimme yksinkertaisen dynaamisen mallin kuvaamaan metsikön vesitasetta, ja sen avulla tarkastelimme kuivuusjaksojen esiintymistä.

Käyttämämme vesimalli kuvaa metsämaan vesitaseen kenttäkapasiteetin ja lakastumispisteen rajaamana "astian", jota sadanta täyttää, ja haihdunta sekä ylivalunta tyhjentää. Kuivuuspäiviksi lasketaan ne päivät, jolloin maaperä on niin kuiva, että se kokonaan lopettaa puiden haihdutuksen. Vesimalli perustuu artikkeliin Duursma ym.(2006)

Vesimallin avulla laskimme kuivuuspäivien esiintymisen yli koko Suomen, 10*10km ruudukossa vuosille 1961-2005. Laskennan pohjana käytimme Ilmatieteidenlaitoksen matriisiin interpoloimaa sääaineistoa (Venäläinen ym. 2005). Vertasimme saamiamme "kuivuuskarttoja" Metsäntutkimuslaitoksen seurantakoealoilla vuosina 2005-2008 havaittuihin kuivuusvaurioihin. Edelleen käytimme malliamme simuloimaan ilmastomuutoksen vaikutusta kuivuuspäivien todennäköisyyden ja kuivuusvaurioriskin muutoksiin tulevaisuudessa.



Kuva 1. Simuloidut kuivuuspäivät v. 2005-2006, sekä METLAN seurantakoealoilla samoina vuosina havaitut koivun, kuusen ja männyn kuivuusvauriot (harmaat täplät)

Duursma, et al. (2006) Predicting the decline in daily maximum transpiration rate of two pine stands during drought based on constant minimum leaf water potential and plant hydraulic conductance. *Tree Physiology* 28(2):265-276.

Venäläinen et al. (2005) A basic Finnish climate data set 1961-2000 - description and illustrations. *Finnish Meteorological Institute Reports* 2005:5.

Menetelmä metsätalouden vesiensuojelun valuma-aluekohtaiselle suunnittelulle

Timo Hiltunen¹, Antti Leinonen²

¹ Metsähallitus (timo.hiltunen@metsa.fi)

² Etelä-Savon metsäkeskus (antti.leinonen@metsakeskus.fi)

Vesienhoidon säädösten toteutus edellyttää vesistöihin kohdistuvan kuormituksen vähentämistä siten, että veden laatu paranee asetetulle tavoitetasolle. Kuormituksen vähentäminen tapahtuu määrittelemällä ja toteuttamalla toimenpiteet, joilla asetetut vähennystavoitteet voidaan saavuttaa. Kuormituksen hallintaan liittyvää tavoitteiden määrittelyä tarvitaan myös tilanteissa, joissa halutaan saada selville kuormittavan toiminnan määrä ja vesiensuojelun taso, joiden yhdistelmä ei vaaranna jo saavutettua hyvää tilaa. Molemmissa tapauksissa on tärkeää selvittää realistisesti se kuormituksen määrä, johon kuormitustavoitteet suhteutetaan. Mikäli lähtötilannetta ei tunneta, on myös tulevaisuuden tavoitteiden hahmottaminen vaikeaa.

KUHA-työkalulla voidaan arvioida metsätalouden kuormituksen suuruutta nykyhetkellä ja sen kehitystä tulevaisuudessa valuma-aluemittakaavassa sekä yksittäisen toimenpiteen osalta että suhteessa muiden työläjien kuormittavuuteen samalla valuma-alueella. Laskennan tarkoitus on tukea vesienhoitosuunnitelmien toimenpideohjelmien toteutusta tarkentamalla paikallisesti metsätalouden kuormitusarvioita, sekä tukemalla kustannustehokkaiden ja vaikutuksiltaan riittävien toteutuskeinojen soveltamista metsätalouden vesiensuojeluun. Vesiensuojelun kustannustehokkuutta ja vaikuttavuutta voidaan parantaa, kun voimavarat osataan kohdistaa palvelemaan kuormituksen kannalta merkittävimpien työkohteiden vesiensuojelua.

Vesienhoidon toteutukseen kuulu suunnittelu, joka kohdistuu yhden vesimuodostuman valuma-alueeseen kerrallaan. KUHA-työkalu on tarkoitettu tukemaan vesiensuojelun suunnittelua ja myös kuormittavan toiminnan mitoitusta kolmannen jakovaiheen tasolla. Tarkastelu voi kohdistua vain yhteen työmaahan, tai jopa yksittäiseen toimenpidealaaan. Kolmatta jakovaihetta laajempien kokonaisuuksien hallinta KUHA:n avulla taas lienee liian hankalaa.

KUHA-laskennan avulla haetaan vaihtoehtoja kokeilemalla toiminnan ja vesiensuojelun yhdistelmä, joka tyydyttää sekä talouden että ympäristövaikutusten näkökulmista.

KUHA:n skenaariokäyrä näyttää sen fosforikuorman, minkä metsätalouden toimet tuovat lisänä luonnonhuuhtoumaan, laskeumaan ja muiden maankäyttötapojen kuormiin. Fosforikuorma on yleensä se yksittäinen tekijä, jonka vesistöä rehevöittävä vaikutus on voimakkain. Fosfori ei kuitenkaan ole läheskään ainoa haitallinen aine. Esim. kiintoaine tai typpi voi olla merkittävämpikin. Kunnostusojitustaulukko näyttää kiintoainetonnit, mutta ne eivät suoranaisesti näy skenaariossa.

Skenaarioita voi hyvin verrata vesienhoitosuunnitelmien ja toteutusohjelmien fosforikuormitus- tavoitteisiin. Myös muu vertailu lähimenneisyyden fosforikuormitukseen käy päinsä. Kaikkien talousmetsien keskimääräinen vuotuinen metsätalouden fosforikuormitus on noin 10 grammaa hehtaarilta. Työmaakohtaisia tuloksia vertailemalla voi päätellä, minne on kannattavinta panostaa vesiensuojelutoimenpiteiden kustannuksia. Parhaiten laskenta näyttää sopivan menneen toiminnan ja tulevaisuuden toimintavaihtoehtojen keskinäiseen vertailuun samalla valuma-alueella. Silloin vaihtoehtojen suhteelliset erot lienevät suurella todennäköisyydellä oikean suuntaisia.

KUHA-laskentatyökalu on käyttöohjeineen valmis palvelemaan valuma-aluesuunnittelua. Pitemmällä aikavälillä koko valuma-alueen tarkastelu pitää automatisoida ja yhdistää metsätalouden tietojärjestelmiin. KUHA-tarkastelun puutteelliset tieteelliset perusteet ovat osviitta ja haaste tutkimukselle. Uutta tietoa kaivataan erityisesti ojien ja noroutuneen pintavalunnan kyvystä pidättää vesistökuormitusta.

Metsien luontaiseen häiriödynamiikkaan perustuvat käsittelymallit-hanke

Timo Kuuluvainen¹, Niklas Björkvist, Jari Kouki³, Erkki Hallman², Juha Siitonen⁴, Sauli Valkonen⁴ & Pauli Wallenius²

¹Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, ²Metsähallitus, ³Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto,

⁴Metsäntutkimuslaitos

Email: Timo.Kuuluvainen@helsinki.fi

Ekologisesti kestävä metsätalouden keskeinen periaate on luontaisten elinympäristöjen ja sitä kautta luontaisen lajiston elinmahdollisuuksien turvaaminen. Suomessa kestävä metsänhoidon ekologisenä tavoitteena on pitää yllä luontaisia metsäluontotyyppä ja koko metsälajistoa. Metsien häiriödynamiikalla on keskeinen merkitys elinympäristöjen ja lajiston monimuotoisuuden säilymiselle. Häiriöllä tarkoitetaan tapahtumaa, joka äkillisesti muuttaa metsän rakennetta siten, että kasvutilaa ja -resursseja vapautuu ja metsän pienilmasto muuttuu.

Luonnonmetsissä monipuolinen häiriödynamiikka ylläpitää omalta osaltaan laajaa elinympäristöjen vaihtelua ja olosuhteiden kirjoa, johon lajisto on kehityksessään sopeutunut. Talousmetsissä ongelmana on, että nykyinen pääasiassa avohakkuisiin perustuva metsänhoitomme luo metsäalue- ja metsikkörakenteita, jotka eroavat ratkaisevasti metsien luontaisesta rakenteesta. Onkin ilmeistä, että monimuotoisuuden säilymiseksi metsätalouden keinoin olisi pyrittävä ylläpitämään sellaista häiriödynamiikkaa, joka tuottaa riittävästi luontaisen kaltaisia elinympäristöjä. Metsätalouden ekologisen kestävyuden kehittämisessä voidaan soveltaa luonnonmetsistä karttunutta tietoa siten, että sekä metsien luontaisen monimuotoisuuden säilyminen että metsänkäsittelylle asetettujen muiden tavoitteiden toteutuminen voidaan turvata entistä paremmin.

Metsän luontaisen häiriödynamiikan mukailu on muodostumassa keskeisen tärkeäksi lähestymistavaksi pyrittäessä talousmetsien monimuotoisuuden parempaan turvaamiseen. Luontaiseen häiriödynamiikkaan perustuvia strategisia metsänkäsittelymalleja on viime aikoina kehitetty eri puolilla boreaalista vyöhykettä. Yhteistä näille malleille on se, että luonnonmetsän dynamiikkaa jäljitellään sekä voimakkailla, aukeita aloja tuottavilla hakkuilla että säilyttämällä pysyvästi peitteisiä eri-ikäisiä metsiä, joita ei käsitellä voimakkailla uudistushakkuilla.

Metsähallituksen aloitteesta käynnistetyin hankkeen tarkoituksena on luoda puitteet luontaiseen häiriödynamiikkaan perustuvan metsänkäsittelyn tutkimukselle ja käytännön kehittämiseksi. Sitä varten on perustettu kaksi laajaa (700-1000 ha), aluetason tarkastelut mahdollistavaa kokeilualueita, joista toinen on Isojärvellä ja toinen Ruunaalla. Käsittelymenetelmien peruseriaatteena on luoda metsäalueita, jotka säilytetään pysyvästi peitteisinä, mutta joilla metsiköiden puuston rakenteet vaihtelevat pienipiirteisesti kun niitä käsitellään poiminta-, pienaukko-, osittais- ja avohakkuin. Alueiden puuston, eliölajiston ja elinympäristöjen kehitystä seurataan inventoinnin ja pysyvin koealoin. Kokeilualueilla pyritään jatkossa käynnistämään eri tieteenalojen tutkimuksia.

Tutkimus on osa yhteishanketta, jota hallinnoi ohjausryhmä. Yhteishankkeeseen tällä hetkellä osallistuvat organisaatiot ja ohjausryhmän jäsenet ovat:

- Metsähallitus: Erkki Hallman, Antti Otsamo, Pauli Wallenius
- Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos: Timo Kuuluvainen
- Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto, Jari Kouki
- Metsäntutkimuslaitos: Sauli Valkonen, Juha Siitonen

Kuusipuun ominaisuudet viidellä eteläsuomalaisella eri-ikäisellä ERIKA-koelalla

FT Riikka Piispanen, MMT Sauli Valkonen ja FT Pekka Saranpää

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan yksikkö

etunimi.sukunimi@metla.fi

Suomessa puu tuotetaan pääasiallisesti tasaikäismetsissä, joiden kasvua ja tuotosta suuri osa metsätieteellisistä tutkimuksista käsittelee. Kiinnostus eri-ikäisiä metsiä, niiden kasvua, tuotosta ja puun laatua kohtaan on jonkin verran lisääntynyt, koska mahdollisuus eri-ikäismetsistä saatavan puun käyttöön on kasvanut. Kuitenkin tietämys eri-ikäismetsistä saatavan puun ominaisuuksista ja laadusta on puutteellista samanaikaisesti, kun vaihtoehtoisten metsänkäsittelymenetelmien kehittämistarve on kasvanut. Metsikön rakenteen ja dynamiikan monimutkaisuuden vuoksi kilpailutekijöiden vaikutus puun laatuun saattaa olla merkittävämpi monirakenteisissa kuin tasaikäismetsissä. Kasvunopeuden vaihtelu puun eri kehitysvaiheissa voi lisätä esimerkiksi tiheysvaihteluja puussa.

Tutkimme viiden eri-ikäismetsikön 0,6:n metrin korkeudelta sahattujen puukiekkojen ominaisuudet SilviScan-laitteistolla yhteistyössä ruotsalaisen Innventia-tutkimuslaitoksen kanssa. Koeruudut, jotka sijaitsevat Lapinjärvellä, Vesijaolla ja Suonenjoella, valittiin 90-luvulla perustettujen ERIKA-koelajien joukosta. Yhteensä tutkittiin 96 koepuuta, jotka kuuluivat läpimittaluokkiin 0-9,99 cm, 10-19,99 cm, 20-29,999 cm ja yli 30 cm. Näytekiekoista sahattiin ytimeistä pintaan 2 mm leveä (k. 7 mm) sahe, jonka poikkipinta hiottiin ja joka kuivatiin vakiokosteuteen ja uutettiin asetonilla. Puun tiheys, trakeidien soluseinän paksuus, trakeidien läpimitta, ominaispinta-ala, pituusmassa, ennustettu taivutuslujuus ja –mikrofibrillikulma mitattiin SilviScan-laitteistolla 25 µm:n välein puun ytimeistä pintaan sekä laskettiin kunkin muuttujan kevät- ja kesäpuun sekä vaihettumisvyöhykkeen keskiarvot lustoittain. Lisäksi mitattiin trakeidien pituus yhden cm:n välein ytimeistä pintaan.

Lustojen leveys vaihteli 1:n ja 7:n mm:n välillä. Puun tiheys (keskiarvo $462 \pm 88 \text{ kgm}^{-3}$), aleni lustojen leveyden kasvaessa. Lähellä ydintä sijaitsevista erittäin kapeista lustoissa puun tiheys oli suurempi kuin tasaikäisen metsän nuorpuussa on yleensä havaittu olevan, joskin niissä puun tiheys vaihteli paljon ($252 - 910 \text{ kgm}^{-3}$). Mikrofiibrillikulma laski jyrkästi ytimeistä pintaan kuten tasaikäismetsässä kasvaneissa kuusissa. Taivutuslujuus parani puun tiheyden kasvaessa, mikä havaittiin parhaiten kesäpuussa. Trakeidien pituus ja säteensuuntainen läpimitta olivat hieman suurempia Vesijaon kuin Lapinjärven koepuissa, mutta noudattivat kuusen tavanomaista trakeidien kokojakaamaa ytimeistä pintaan. Trakeidien pituuteen vaikuttavat puiden perimä ja kasvuolosuhteet, kuten esimerkiksi maaperän ravinteisuus.

Eri-ikäismetsässä kasvatetun puun ominaisuudet 0,6:n metrin korkeudelta otettujen näytteiden perusteella vastaavat tasaikäismetsässä kasvatetuista kuusista samalla laitteistolla mitattuja puun tiheys- ja lustonleveyden arvoja. Kuitenkin kasvun ollessa hitaampaa nuorpuuvaiheessa puun tiheys, soluseinän paksuus, mikrofiibrillikulma ja lujuusominaisuudet poikkeavat tasaikäisten puiden vastaavista arvoista, mikä saattaa vaikuttaa eri-ikäismenetelmillä kasvatetun puun soveltuvuuteen mekaanisen puunjalostuksen tarpeisiin.

Private or Socialistic Forestry? Forest Transition in Finland vs. Deforestation in the Tropics

Matti Palo and Erkki Lehto, Independent Scientists
matti.palo@metla.fi, erkki.lehto@welho.com

While deforestation continues at an alarming rate around the world, discussions on the range of underlying causes continue. The premise is that studying successful transitions from deforestation to sustainable forestry *ex post* in Finland can provide novel insights into how deforestation in the tropics might be reduced in the future. Our fundamental question here is why Finland succeeded to stop deforestation for a century ago and why not the same is feasible in the contemporary tropical countries?

We present a novel integrated theory within which this case study on Finland and contemporary modeling of underlying causes of tropical deforestation are developed. Finland remains the world's second largest net exporter of forest products, while maintaining the highest forest cover in Europe. A transition from deforestation to sustainable industrial forestry took place in Finland during the first part of the 20th century. The underlying causes of this transition are compared via our theory with deforestation in 74 contemporary tropical countries. Both appear similar and support our theory.

The interaction of public policies and market institutions has appeared to be critical during this transition. The study's findings suggest that private forest ownership with a continuous increase in the real value of forests and alleviation of poverty under non-corruptive conditions has been a necessary, but not a sufficient condition for this transition. In a parallel way public policies have also proved to be a necessary, but not sufficient, condition in this transition.

The conclusion is that socialistic forestry along with corruption is artificially maintaining too low values in the tropical forests. The opportunity cost of sustainable forestry remains too high and deforestation by extensification of agriculture therefore continues. The prevailing socialistic forestry with dominating public forest ownership is by purpose maintaining administratively set low stumpage prices leading to low value of forests, wide corruption and continuous forest degradation and deforestation. An effective remedy – to raise the value of forests - is found to be within forestry.

Mexico is a country of community forests. Deforestation is modeled by 32 states with similar findings of 64 tropical countries. Also Papua New Guinea, another traditional country with community forests, has continued deforestation. Therefore, not only socialistic forestry but also community forestry appeared inferior to private forestry in order to facilitate a forest transition.

Palo M and Lehto E 2011 Private or Socialistic Forestry? Forest Transition in Finland vs. Deforestation in the Tropics. Springer/World Forests X (Ilmestyy joulukuussa 2011)

Advanced spatially explicit method for estimating the technical potential of forest energy from regeneration fellings (RESGIS)

Perttu Anttila^{1}, Aleksi Lehtonen¹, Paula Puolakka¹, Jukka Mustonen² ja Jaakko Heinonen¹*

¹ Finnish Forest Research Institute, ² HAMK University of Applied Sciences

** perttu.anttila@metla.fi*

The RESGIS method estimates regional energy wood potentials from regeneration felling sites using remote sensing data and pre-defined harvesting levels for industrial roundwood combined with spatially explicit constraints. Without knowing the preferences of individual forest owners, it is not known which forest stands will be harvested. Furthermore, different stands have different constraints for procuring energy wood due to, e.g., differing site type. Thus with a given harvesting level, one may get different biomass potentials depending on which stands the owners will cut.

The RESGIS procedure is as follows:

1. Segment satellite images to represent forest stands
2. Give forest characteristics to the segments by overlaying them on thematic maps
3. Define harvesting levels for industrial roundwood at municipality level
4. Mark segments that can be regenerated according to forest management guidelines
5. From the set of marked segments, select segments randomly until the harvesting level in a municipality is met
6. Apply constraints for biomass removal
7. Calculate biomass potential as a sum of segment-level biomasses
8. Repeat steps 5-7 to estimate random variation related to the selection of regeneration stands.

The method was tested for estimating the biomass potential in the Forestry Center of Central Finland. Steps 1 and 2 were carried out in ArcGIS and for steps 4-8 a programme was tailored in R environment. IRS-P6 LISS-III and SPOT-5 images were used in step 1. The thematic maps used in step 2 were produced by the National Forest Inventory and contained attributes like forest / non-forest land, stem volume, site type and biomass by species group and tree compartment. In the test, the harvesting levels in step 3 were based on mean annual roundwood removals in 2000–2009 on municipality level, but virtually any level can be used. The constraints applied in step 6 included ecological, technical and economical ones.

The results of the method are applicable as such as a technical potential, but also suitable as data for further analysis of procurement costs and economical potential. Compared to the previous estimation methods the main advantages of RESGIS are better incorporation of spatially explicit constraints and the possibility to take into account the variation in the selection of regeneration stands.

Havupuiden kannot: kuoren rakenne ja bioaktiiviset yhdisteet

Harri Latva-Mäenpää^{1,2*}, Tapio Laakso¹, Tytti Sarjala¹, Kristiina Wähälä², ja Pekka Saranpää¹
Tuula Jyske^{1*}

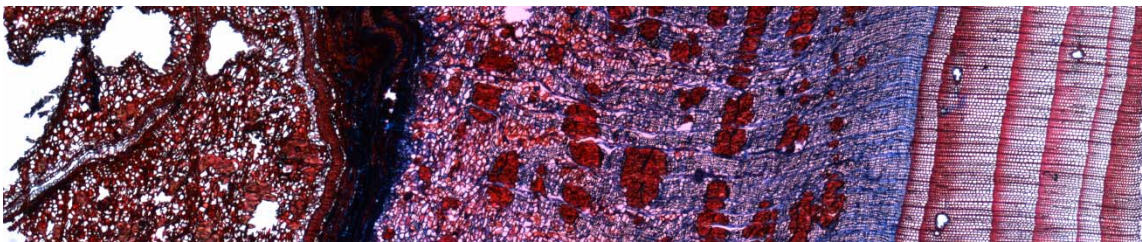
¹ Metsäntutkimuslaitos, ² Helsingin yliopisto

Yhteyshenkilöt: harri.latva-maenpaa@metla.fi, tuula.jyske@metla.fi

Uusiutuvien raaka-aineiden hyödyntäminen tulevaisuuden tuotteissa lisää tarvetta kehittää uusia sovelluksia biomassan jalostukseen. Havupuista ja havupuiden kuorista uutettavia yhdisteitä ja niiden hyödyntämistä uusina tuotteina on tutkittu paljon. Havupuiden kannot ja niiden nostoon jo kehitetty teknologia voisivat tarjota uuden ja kestävä vaihtoehdon ”vihreiden kemikaalien” tuottamiseen. Metsäntutkimuslaitoksella on käynnissä kaksi aiheeseen liittyvää tutkimusprojektia.

Metsäklusteri Oy:n FuBio-ohjelman alaisessa projektissamme olemme tutkineet kuusen (*Picea abies* [L.] Karst) ja männyn (*Pinus sylvestris* L.) kantojen ja juurten uuteaineita kromatografisin menetelmin (GC-MS, HPLC-UV/MS). Tavoitteenamme on ollut määrittää molempien puulajien kantojen ja juurten kemiallinen uuteaineprofiili niin puun kuin kuorenkin osalta. Tutkimuksemme taustalla on kiinnostus löytää ja eristää mahdollisia bioaktiivisia ja suojaavia yhdisteitä, joita voitaisiin hyödyntää teollisina tuotteina. Tutkimuksissamme olemme havainneet kuusen kannon kuoren sisältävän melko suuria pitoisuuksia stilbeeniglukosideja, astringiinia ja isorapontiinia, joilla on todettu olevan bioaktiivisia ominaisuuksia. Myös molempien puulajien kantojen sydänpuussa on havaittu bioaktiivisia yhdisteitä, kuten stilbeenejä ja lignaaneja. Tulevaisuudessa tavoitteenamme onkin kehittää edelleen yhdisteiden eristys- ja puhdistusmenetelmiä, testata potentiaalisten yhdisteiden stabiilisuutta ja bioaktiivisia ominaisuuksia sekä tutkia esimerkiksi stilbeeniglukosidien lokalisoitumista kuusen kuoressa (Kuva 1).

Suomen Akatemian rahoittamassa, käynnistymässä olevassa tutkijatohtorin projektissa (Formation of phloem – new insights into 3-D anatomy and topochemistry in *Picea abies*) tavoitteenamme on tutkia tarkemmin kuusen sisäkuoren eli nilan anatomiaa ja kemiallista rakennetta (Kuva 1). Yhtenä päämääränä on lokalisoita bioaktiiviset aineet, kuten stilbeetit, nilan soluissa ja/tai solukoissa. Lisäksi tavoitteena on tarkastella nilan morfologian ja kemiallisten komponenttien spatiaalista vaihtelua rungossa erilaisia mikroskopia- ja spektroskopiategniikoita hyödyntäen. Tutkimme myös ympäristö- ja perintötekijöiden vaikutusta kuusen nilan muodostumisprosesseihin kasvukauden aikana. Analysoimme esimerkiksi nilan muodostumisprosessien (eli solujen jakautuminen jällestä ja erilaistuminen) ajoittumista, nopeutta ja kestoja suhteessa puusolukon muodostumisprosesseihin.



Kuva 1. Mikroskooppikuva kuusen kannon kuoresta. Poikkileike radiaalisuunnassa (x20).