



Metsien kerroksellisuus

Metsätieteiden päivä
21.10.2025

Metsätieteiden päivä 21.10.2025

Metsätieteiden talo, Helsingin yliopiston Viikin kampus
Latokartanonkaari 7



Metsien kerroksellisuus

Ohjelma

8.15-9.00	Ilmoittautuminen, Metsätieteiden talon ala-aula Yhteiskokous, Sali 110 (ls B1)	
9.00-9.10	Metsätieteiden päivän avaus	<i>varapuheenjohtaja Jori Unsisalo, Suomen Metsätieteellinen Seura</i>
9.10-9.30	Kuulumisia metsän alakerrasta	<i>vanhempi yliopistonlehtori Sari Timonen, Helsingin yliopisto</i>
9.30- 9.50	Metsien kerroksellisuus, hiilitase ja ilmastovaikutukset	<i>professori Annalea Lobila, Helsingin yliopisto ja Ilmatieteen laitos</i>
9.50-10.10	Miltä metsät näyttävät ylhäältä päin	<i>tutkimusprofessori Petter Packalen, Luonnonvarakeskus</i>
10.10-10.40	Kahvitauko	
10.40-11.00	Kerroksellisuus metsiin liittyvässä päätöstuessa – hierarkkioista verkostoihin ja yhdistämisestä erittelyyn	<i>tutkimusjohtaja Jukka Tikkanen, Itä- Suomen yliopisto</i>
11.00-11.20	Metsäkeskustelun kerrokset – kuka puhuu ja kenen ääni kuuluu	<i>kestävän kehityksen viestintäpäällikkö Noora Moilanen, Metsä Group</i>
11.20-12.00	Yleiskeskustelu	<i>Aamupäivän puhujat</i>
12.00-13.15	Lounastauko	
	Iltapäivän rinnakkaiskokoukset, salit ilmoitetaan myöhemmin	
13.15-14.30	Rinnakkaiskokousten 1. osuus	
14.30-15.00	Kahvitauko	
15.00-16.00	Rinnakkaiskokousten 2. osuus	
16.15-17.00	Iltapäivän yhteiskokous, Sali 108	
	Valokuvaesitys Latvian retkeilystä elokuussa 2025	<i>toiminnanjohtaja Pekka Nygren, Suomen Metsätieteellinen Seura</i>
	Lyhytelokuva Metsän määritelmä (2024). Ennen esitystä Kristiina Koskinen kertoo lyhyesti elokuvan taustasta Metsätieteiden päivän loppusanat	<i>tutkijatohtori Kristiina Koskinen, Lapin yliopisto Jori Unsitalo</i>
17.15-20.00	Metsätieteiden päivän illallisbuffet, Ravintola Viikuna, Viikin kampuksen EE-talo (Agnes Sjöbergin katu 2)	

Rinnakkaiskokousten aiheet:

Metsien biologiset muistijäljet	Metsäbiologian kerho
Metsäekonomian kerroksellisuudet	Metsäekonomistiklubi
Miten vaikutamme metsien käsittelyllä niiden kerroksellisuuteen?	Metsänhoitoklubi
Vallan ja toimijuuden kerrokset metsäsuhteissa: mitä murros tuo tullessaan	Metsäsuhdeklubi
Kerroksellisuus metsäsuunnittelussa ja metsien inventoinnissa	Taksaattoriklubi
Puunhankinnan kerroksellisuus	Teknologiklubi

Iltapäivän rinnakkaiskokousten ohjelmat

Metsien biologiset muistijäljet

Metsäbiologian kerho

13.15–13.20	Alkusanat	<i>Puheenjohtaja Hannes Pasanen; Itä-Suomen yliopisto</i>
13.20–13.45	Ajalliset kerrokset boreaalisessa mäntymetsässä	Tuomas Aakala ; Itä-Suomen yliopisto
13.45–14.10	Värriön Kuutsjärven sedimenttisarja kertoo jääkauden jälkeisen Suomen kasvillisuuden kehityksestä ja äkillisistä ilmaston heilahduksista	J. Sakari Salonen ; Helsingin yliopisto
14.10–14.30	Maaperän eri kerrosten rooli metsän aluskasvillisuuden vaihtelussa	Tiina Törmänen ¹ , Jari Oksanen ² , Maija Salemaa ¹ , Tiina Tonteri ¹ , Raisa Mäkipää ¹ ; ¹ Luonnonvarakeskus; ² Luonnontieteellinen keskusmuseo
14.30–15.00	Kahvitauko	
15.00–15.20	Puiden ja niiden seuralaislajien evoluutio	Petri Keto-Tokoi ; Tampereen ammattikorkeakoulu
15.20–15.40	Metsää kuvaavien mallien kerroksellisuudesta: Mitä metsätalouden vaikutuksista lintuihin voi mallintamalla päätellä – ja mitä ei?	Jari Vauhkonen ; Itä-Suomen yliopisto
15.40–16.00	Uneven-aged and even-aged forest management shape the fungal community composition and affect soil carbon stabilization	Eva-Maria Roth ¹ , Outi-Maaria Sietiö ² , Bartosz Adamczyk ³ , Pingping Xu ⁴ , Sauli Valkonen ³ , Eeva-Stiina Tuittila ⁵ , Heljä-Sisko Helmisaari ¹ , Kristiina Karhu ¹ ; ¹ University of Helsinki; ² Häme University of Applied Sciences; ³ Natural Resources Institute Finland; ⁴ University of Chinese Academy of Sciences; ⁵ University of Eastern Finland

Metsäekonomin kerroksellisuudet

Metsäekonomistiklubi

13.15–13.35	Heikentyvät metsien hiilinielut: kannustaako LULUCF-asetus jäsenmaita toimenpiteisiin maankäyttösektorin ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi?	Ville Hakkarainen , Helsingin yliopisto
13.35–13.55	Metsänomistajan arvotaulukko kuntametsien suunnittelun välineenä – toimintatutkimus Siilinjärvellä	<i>Miika Kajanus, Minna Luoto, Noora Niskanen</i> ; Savonia-ammattikorkeakoulu
13.55–14.15	Kestävä arvionluonti puunhankinnan arvoketjussa	Katri Rusanen , Anu Laakkonen, Teppo Hujala, Jouni Pykäläinen; Metsätieteiden osasto, luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu
14.15–14.30	Ympäristövaikutustiedon hallinta metsänkäsittelyn suunnittelun, toteutuksen ja raportoinnin monitasoisessa tietämysjärjestelmässä	Karoliina Haikoski , Teppo Hujala; Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto
14.30–15.00	Kahvitauko	

15.00–15.20	Biodiversity implications of forest carbon payments	Aino Assmuth¹ , <i>Aapo Rautiainen¹, Johanna Pohjola², Matti Hyvärinen¹, Sampo Pihlainen², Jussi Lintunen¹</i> ; ¹ <i>Natural Resources Institute Finland (Luke)</i> , ² <i>Finnish Environment Institute (Syke)</i>
15.20–15.40	Puuntuotannon, ilmastonmuutoksen hillinnän ja luonnon monimuotoisuuden tasapainottaminen boreaalisessa metsänhoidossa	Alm Gnista¹ , <i>Vesa-Pekka Parkatti^{1,2}, Olli Tahvonen^{1,2}, Antti Suominen³</i> ; ¹ <i>Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki</i> , ² <i>Taloustieteiden osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki</i> , ³ <i>Tieto- ja palvelujohtamisen laitos, Aalto-yliopisto, Espoo</i>
15.40–16.00	Yhteiskeskustelu	

Miten vaikutamme metsien käsittelyllä niiden kerroksellisuuteen? Metsänhoitoklubi

13.15–13.40	Teoreettinen näkökulma metsien latvuksen kerroksellisuuteen	Markku Larjavaara , <i>Helsingin yliopisto</i>
13.40–14.05	Miten vaikutamme metsien käsittelyllä niiden kerroksellisuuteen?	Kalle Vanhatalo , <i>Tapio Oy</i>
14.05–14.30	Sekametsien kerroksellisuus: Yksi- ja kaksijaksoinen kasvatus	Lauri Männistö , <i>Luonnonvarakeskus</i>
14.30–15.00	Kahvitauko	
15.00–15.20	Metsänkäsittelyn vaikutukset kaksijaksoisten metsien kasvuun ja puunkorjuuseen — Kasvatus- ja korjuukokeiden tuloksia.	Pentti Niemistö , <i>Luonnonvarakeskus</i>
15.20–15.35	Kerroksellisuutta rantapuustoihin	Pekka Kauppi , <i>Helsingin yliopisto</i>
15.35–15.50	Metsän kerroksellisuus pituuskilpailun ja pituus- ja läpimittakäyrän näkökulmasta	Juha Lappi , <i>Norjan maatalous yliopisto</i>
15.50–16.00	Uusi jatkuvan kasvatuksen koelaverkosto perustettu	Jussi Heinonsalo , <i>Helsingin yliopisto</i>

Vallan ja toimijuuden kerrokset metsäsuhteissa: mitä murros tuo tullessaan? Metsäsuhdeklubi

13.15–	Mitä uudistava kestävyys voisi olla suomalaisessa metsien käytön kontekstissa?	Panu Halme^{1,2,3} , <i>Jani Hobti^{1,2}, Claudia Kovács⁴, Paloma Hannonen³, Anna Härri⁴, Martta Nieminen, Johanna Haapala³, Sari Kuvaja⁵</i> ; ¹ <i>Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos</i> ; ² <i>Jyväskylän yliopisto, Resurssiväisäisyhteisö</i> ; ³ <i>Luontoa Oy</i> ; ⁴ <i>Aalto-yliopisto, Johtamisen laitos</i> ; ⁵ <i>Third Rock Finland Oy</i>
	Kommentit kertovat päivälehden lukijoiden metsäsuhteista	Anneli Jalkanen
	Metsäalan toimijoiden näkemyksiä suomalaisesta julkisesta metsäkeskustelusta	Tutta Oittinen , <i>Annukka Näyhä, Venla Wallius, Jyväskylän yliopiston kauppa- ja kauppa- ja kauppa-</i>

	High school forestry students' views on future forestry – exploring human forest relationships and transition pain	Ann Grubbström , Stina Powell, Sara Holmgren; Department of Urban and Rural Development, Division of Environmental Communication. Swedish University of Agricultural Sciences
14.30-15.00	Kahvitauko	
15.00-	Aluskasvillisuus metsän kokemisessa	Tuulikki Halla , Harri Silvennoinen, Philip Chambers; Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto
	Kerroksellisuus puuhuoltoketjun työhyvinvoinnissa	Hanna-Riitta Kymäläinen ¹ , Marja Kallioniemi ² , Janne Kaseva ³ , Esa Katajamäki ⁴ ; ¹ Helsingin yliopisto, maataloustieteiden osasto; ² Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö; ³ Soveltava tilastotiede, Luonnonvarakeskus (Luke); ⁴ Tilastopalvelut, Luonnonvarakeskus (Luke)
	“Why Wood You” – a survey on the impact of wood on wellbeing in the built environment and the multifaceted cultural values shaping human perceptions	Valter Huttunen ¹ , Hinata Tanigawa ¹ , Jouni Pykäläinen ² , Tuula Jyske ³ ; ¹ University of Helsinki, ² University of Eastern Finland, ³ Natural Resources Institute Finland,
	Loppukeskustelu	

Kerroksellisuus metsäsuunnittelussa ja metsien inventoinnissa

Taksaattoriklubi

13:15-13:40	Maastolaserkeilaus jatkuvapeitteisissä metsissä ja laserkeilausaineiston soveltaminen	Otto Saikkonen , Jiri Pyörälä, Ville Luoma, Markus Holopainen; Helsingin yliopisto
13:40-14:05	30 vuotta metsän kerroksellisuutta etsimässä	Matti Maltamo , Hanna Haapala, Pekka Kosunen, Lauri Korhonen; Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden laitos
14:05-14:30	Lehtipuusekoituksen vaikutus metsikön kasvuun ja tuhoihin VMI aineiston perusteella	Harri Mäkinen , Helena M. Henttonen, Aino Smolander; Luonnonvarakeskus
14:30-15:00	Kahvitauko	
15:00-15:25	Towards structurally representative country-wide tree maps	Joel Kostensalo , Petteri Packalen, Sakari Tuominen, Mikko Kuronen, Lauri Mehtätalo, Mari Myllymäki; Luonnonvarakeskus
15:25-15:50	Mitä LiDAR metsässä näkee? – Kokemuksia Hyytiälästä 2004–2025	Ilkka Korpela ; Helsingin yliopisto
15:50-16:00	Loppukeskustelu	

Puunhankinnan kerroksellisuus

Teknologiklubi

13.15–13.35	Mapping tree-level structural diversity for precision harvesting operations: A comparison	Zhu Mao , Omid Abdi, Laamanen Ville, Kivinen, Veli-Pekka, Unsitalo, Jori; Helsingin yliopisto
-------------	---	--

13.35–13.55	Jäävän puuston estimointi ensiharvennuksella hakkuukonetiedon avulla	Tarvainen, R. ¹ , Riekkä, K. ¹ , Ovaskainen, H. ¹ , Poikela, A. ¹ , Kärhä, K. ² , Malinen, J.; Metsäteho Oy, ² University of Eastern Finland
13.55–14.15	Metsäkoneiden ajouraverkoston automaattinen suunnittelutyöväline MoniURA	Kirsi Riekkä , Heikki Ovaskainen, Jukka Malinen; Metsäteho Oy
14.15–14.35	Mobiililaserkeilaus harvennushakkuiden korjuujäljen tarkastuksissa	Anwar Sagar ¹ , Johannes Pohjola ² , Kalle Kärhä ² , Jesse Mubojoki ³ , Juha Hyyppä ³ , Ville Kankare; ¹ Ponsse Oyj, ² Itä-Suomen yliopisto, ³ Paikkatietokeskus (FGI), ⁴ Turun yliopisto
14.35–15.00	Kahvitauko	
15.00–15.20	Automaattisen tiedonkeruun hyödyntäminen koneellisen metsänistutuksen kustannuskilpailukyvyn selvittämisessä	Kalle Kemppainen ¹ , Kalle Kärhä ¹ , Juha Laitila ² , Antti Sairanen ¹ , Ville Kankaanbuhta ² , Heli Viiri ³ , Heli Peltola ¹ ; ¹ Itä-Suomen yliopisto, ² Luonnonvarakeskus, ³ UPM-Kymmene Oyj
15.20–15.40	Arktista puunkorjuun tutkimusta eri elinkeinojen tarpeisiin	Juha Laitila ¹ , Jaakko Repola ² , Antti Pekkarinen ³ , Eero Holmström ³ ; Luonnonvarakeskus ¹ Joensuu, ² Rovaniemi, ³ Helsinki
15.40–16.00	Towards a holistic supply chain approach in forest biomass procurement: the framework of synchronodal logistics and its principles	Robert Prinz ¹ , Blas Mola-Yudego ² , Gernot Erber; ¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), ² School of Forest Sciences, University of Eastern Finland

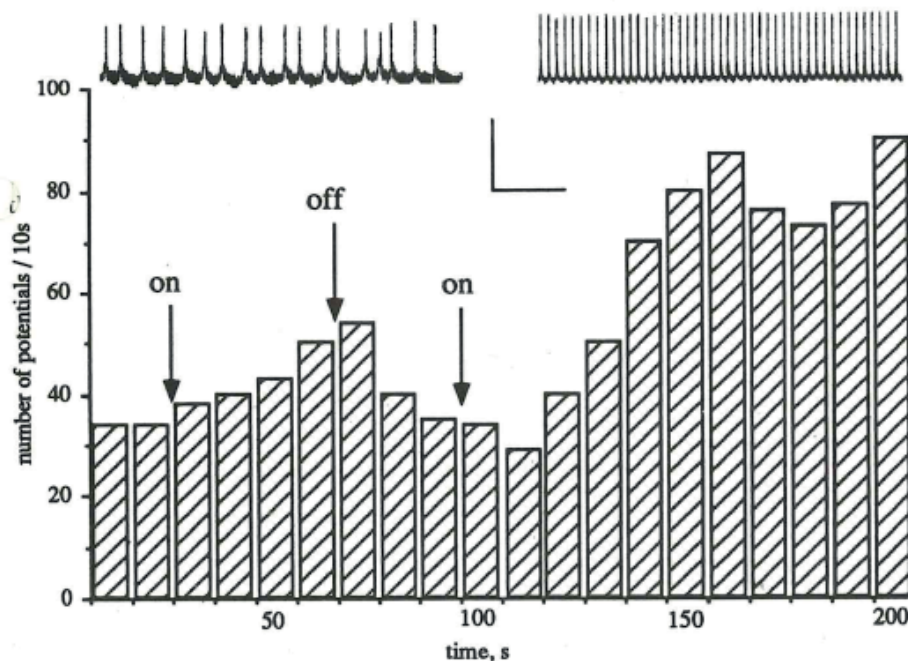
Kuulumisia metsän alakerrasta

Sari Timonen

Mikrobiologian osasto, Maatalous metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

sari.timonen@helsinki.fi

Jo viime vuosituhannella huomattiin, että sienet voivat tuottaa solukalvoa pitkin kulkevia toimintapotentialin kaltaisia signaaleja sienirihmoja pitkin (Olsson & Hansson 1995). Rihmamaiset sienet tarjoavat ihanteelliset olosuhteet sähköiselle viestinnälle, sillä niillä on jatkuva solukalvo ja sähkövuotoa estäviä aineita kuten hydrofobiineja ja melaniinia soluseinissä.



Histogrammi, joka näyttää mitä tapahtuu, kun sienirihmaston pinnalle asetetaan pala vastaleikattua pyökkiä. Puupala asetettiin, poistettiin ja asetettiin uudelleen vasteen palautuvuuden osoittamiseksi. Histogrammin yläpuolella on kuvaotos signaalista ennen stimulaatiota ja sen jälkeen. Olsson & Hansson 1995.

Olssonin ja Hanssonin urauurtava tutkimus sai aikanaan yllättävän vähän huomiota, vaikka jo silloin tiedettiin, että maan alla on valtava kasveja yhdistävä rihmastoverkosto. Rihmastoverkostoja muodostavien sienten tiedetään kommunikoivan kasvien kanssa erilaisten molekyylien avulla. Sienet vaikuttavat kasvien aineenvaihduntaan, puolustautumiseen ja geenien ilmenemiseen useita eri signaalireittejä pitkin.

Kasvit voivat myös saada viestejä toisiltaan ja lähettää molekyylejä toisilleen sienijuurisienten muodostamia rihmastoverkostoja pitkin. Molekyylien kuljettaminen solulimassa on kuitenkin varsin hidasta ja passiivinenkaan kulkeutuminen rihmastojaenteiden nesteimussa ei vedä vertoja sähköisten viestien nopeudelle. Sienten rihmastoverkosto on muokattavissa ja sopeutuu ympäristön olosuhteisiin säätelemällä ravinteiden ja makromolekyylien vaihtoa. Tämä parantaa sekä sienten sekä niiden isäntäkasvien selviytymistä epätaasaisissa ja muuttuvissa olosuhteissa. Reagoimalla nopeasti muutoksiin sienet voivat optimoida ravinteiden hankintaa ja siirtoa. Puiden kanssa elävät pintasienijuurisienet ovat tässä erityisen taitavia, sillä niillä on avattavat ja suljettavat soluvälihuokokset, joita säätelemällä voidaan vaikuttaa aineiden kuljetukseen sekä solujen erilaistumiseen ja lisääntymiseen. Jos Adamatzkyn (2018) tutkimukset siitä, että sähköisten viestien avulla voidaan vaikuttaa huokosten avoimuuteen ja aineiden allokointiin eri puolille rihmastoja, pitävät paikkansa, on maakasvien ja sienten muodostamiin ekosysteemeihin ehkä suhtauduttava uudella tavalla.

Mutta millaisia viestejä sienet rihmastoissaan lähettävät? Ymmärtävätkö sienet toistensa sähköisiä signaaleja? Sähköisen viestinnän roolista rihmaston sisäisenä tai eliöiden välisenä kommunikaatiomekanismina on vasta viitteitä, mutta jo metsikön kokoisen nopean kommunikaatioverkoston olemassaolo on kutkuttavaa. Thomas ja Cooper (2022) osoittivat keräsienten yhdistämien ruohovartisten kasvien kommunikoivan keskenään elektronisten

viestien avulla. Onko tilanne sama pintasienijuurisienten yhdistämällä metsäpuilla? Yhä paranevat ja uudenlaiset mittalaitteistot ehkä avaavat tien sienten ja kasvien kommunikoinnin parempaan ymmärtämiseen. Vaikka sienijuuriverkoston rooli lajienvälisessä viestinnässä on edelleen kiistanalainen, sienirihmojen käyttö innovatiivisten sähköä johtavien materiaalien, kuten antureiden ja ”sienitietokoneiden”, kehittämisessä on lisännyt kiinnostusta alalla.

Viitteet:

- Adamatzky A (2018) On spiking behaviour of oyster fungi *Pleurotus djamor*. Sci Rep 8: 7873.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-26007-1>.
- Olsson S, Hansson B (1995) Action potential-like activity found in fungal mycelia is sensitive to stimulation. Naturwissenschaften 82: 30–31.
- Thomas MA, Cooper RL (2022) Building bridges: mycelium-mediated plant-plant electrophysiological communication. Plant Signal Behav, Dec 31;17(1):2129291.
<https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2129291>.

Metsien kerroksellisuus, hiilitase ja ilmastovaikutukset

Annalea Lohila^{1,2}

¹Ilmatieteenlaitos, Helsinki; ²Ilmakehätieteen keskus (INAR, fysiikka), Helsingin yliopisto
annalea.lohila@fmi.fi

Metsien hiilinielu- ja hiilitasekysymykseen vastaaminen vaatii tietoa metsän kerroksellisuudesta. Hiiltä varastoituu metsikössä niin puustoon, aluskasvillisuuteen kuin maaperäänkin. Molemmat kasvillisuuskerrokset syöttävät hiiltä maaperään kariketuotannon kautta. Pitkään käsittelemättä olleessa metsässä myös lahopuuaines varastoi hiiltä. Metsien ilmastovaikutukset käsittävät myös muita komponentteja kuin pelkät hiilivaraston muutokset. Metsät vaikuttavat ilmastoon imemällä tai heijastamalla auringon säteilyä, tuottamalla tai vapauttamalla muita kasvihuonekaasuja kuten metaania tai ilokaasua tai tarjoamalla niitä poistaville mikrobiprosesseille kasvualustan tai kuljetettaville kaasuille reitin. Metsät myös vapauttavat ilmakehään haihtuvia hiilivetyjä, joista muodostuvat pienhiukkaset vaikuttavat ilmakehään ja maapallon energiatasapainoon joko suoraan säteilyä sirottamalla tai osallistumalla pilvien syntyyn. Nämäkin prosessit ja reitit ovat erilaisia metsän eri kerroksissa.

Metsien hiilitaseita ja ilmastovaikutuksia sekä metsien käsittelyn vaikutuksia niihin voidaan tutkia niin malleilla kuin suoraan mittaamalla tai näitä yhdistämällä. Yksi paljon käytetyistä ilmakehän ja metsän vuorovaikutusta mittaavista menetelmistä, pyörrekovarianssimenetelmä, on käytännössä ainoa tapa, jolla metsien vuorovaikutusta ilmakehän ja ilmaston kanssa voidaan mitata suoraan. Pyörrekovarianssimenetelmän – tai ylipäänsä mikrometeorologisten vuomittausmenetelmien – ylivertauisuus metsän hiilitaseen määrittämisessä johtuu paitsi siitä, että metsän yläpuolelta metsää tarkkaillaessa menetelmä ”haistaa” kaikkien metsikön sisällä tapahtuvien prosessien yhteisvaikutuksen ja tuottaa arvion kokonaishiilitaseesta, myös siitä, ettei menetelmä häiritse tutkittavaa ekosysteemiä toisin kuin lähes kaikki muut menetelmät. Voimme kuitenkin kysyä, riittääkö meille tieto pelkästä kokonaishiilitaseesta ilman tietoa siitä, miten metsän eri kerrokset tähän vaikuttavat. Esimerkiksi: metsän hiilinielu saattaa pienentyä joko siksi, että puiden tai aluskasvien yhteytys pienenee, tai siksi, että maassa olevan hiilen hajotus voimistuu. Näin ollen tarvitsemme hiilitaseiden ja metsien ja ilmakehävuurovaikutuksen syvälliseen ymmärtämiseen muutakin tietoa ja muita tieteenaloja – hiilitaseen komponenttien mittausta, puiden ja kasvillisuuden mittauksia eri menetelmin, maaperämittauksia ja runsaasti muita oheismittauksia metsien eri kerroksista – ymmärtääksemme todella, mistä metsien hiilitaseiden tai ilmastovaikutusten dynamiikka, muutokset ja metsiköiden väliset erot johtuvat ja kuinka eri kerrokset osallistuvat hiilenkierron prosesseihin tai muuten vaikuttavat ymmärrykseemme niistä.

Suomessa pyörrekovarianssimittauksia tehdään parhaillaan n. kolmessakymmenessä kohteessa, joista reilu kymmenen on metsiä tai metsäojitettuja sekä metsitettyjä soita tai suonpohjia. Sekä Suomessa että muualla Euroopassa sijaitsevista mittauspaikoista useat lukeutuvat eurooppalaiseen ICOS-verkostoon, jossa hiilitase- ja ilmastovaikutuksia metsissä ja muissa ekosysteemeissä mitataan koherentilla ja harmonisoidulla tavalla. Aineistot kootaan avoimeen tietokantaan, mikä mahdollistaa tieteellisen vastaamisen kysymyksiin metsien nykyisyydestä ja tulevaisuudesta. Yksi keskeisistä kysymyksistä on, miten metsät ja niiden hiilinielut pystyvät kohtaamaan ilmastomuutoksen eri puolilla Eurooppaa. Tässä esityksessä tarkastelen metsissä tehtäviä hiilitase- ja ilmastovaikutusmittauksia ja metsien kerroksellisuuden vaikutusta sekä mittaamiseen että tuloksiin ja niiden tulkintaan.

Miltä metsät näyttävät ylhäältä päin?

Petteri Packalen

Luonnonvarakeskus, Biotalous ja ympäristö, Helsinki

petteri.packalen@luke.fi

Kaukokartoituksessa metsien kerroksellisuus käsitetään usein eri latvuserrosten erotteluksi tai tähän liittyvien ilmiöiden tarkasteluksi. Metsiin liittyy kuitenkin monenlaista muutakin kerroksellisuutta, joka on relevanttia sekä käytännön toiminnan että teoreettisen tutkimuksen näkökulmasta. Tällaisia ovat esimerkiksi puulaji, maaperän ominaisuudet ja monimuotoisuus. Kerroksellisuus ei myöskään ole aina vertikaalista; joillakin mittakaavoilla kerroksellisuus voi näyttäytyä horisontaalisena ilmiönä. Monet metsiin liittyvät ilmiöt kuitenkin linkittyvät jollakin tavalla metsikön vertikaaliseen rakenteeseen.

Erilaiset kaukokartoitussensorit, kuten kamerat, tutkat ja laserkeilaimet, tuottavat erityyppisiä aineistoja. Sensoreita on lukuisilla alustoilla, kuten satelliiteissa, lentokoneissa ja lennokeissa. Alusta määrittää mittakaavan ja täten myös sovelluksen johon kyseessä olevaa aineistoa voidaan käyttää. Nykyisin on myös monia maasta käytettäviä sensoreita, joiden käyttökohteet ovat täysin toisenlaisia kuin perinteisessä kaukokartoituksessa. Tässä esityksessä keskitytään ilmasta tehtävään kaukokartoitukseen.

Riippumatta mitä metsiin liittyvää tunnusta tai ilmiötä halutaan analysoida tai ennustaa, on suorien havaintojen tekeminen vallitsevan latvuserroksen alapuolisesta osasta haastavaa ylhäältä päin katsottuna. Joillakin kaukokartoitussensoreilla, kuten SAR-tyyppisillä tutkilla ja laserkeilaimilla, saamme havaintoja myös vallitsevan latvuserroksen alapuolisesta osasta, mutta nämä havainnot eivät ole riippumattomia yläpuolella olevasta puustosta. Yksinkertaistaen: jos signaali menee vallitsevan latvuksen läpi, niin se ei kuvaa yksityiskohtaisesti alla olevaa kohdetta. Tämän takia latvuserroksen alla olevien ilmiöiden ennustaminen perustuu osittain tai jopa pääosin vallitsevasta latvuserroksesta johdettujen piirteiden käyttöön, eli oletetaan tietoisesti tai tiedostamatta, että tarkasteltava ilmiö heijastuu vallitsevan latvuserroksen piirteisiin. Tämä on validi oletus joissakin tapauksissa. Esimerkiksi kasvupaikan ominaisuuksia voi ennustaa jossakin määrin sen perusteella, mikä on pääpuulaji, vaikka syy-seuraussuhde olisikin toisen suuntainen. Vastaavasti maanpinta on usein häiriötekijä, kun halutaan ennustaa puuston ominaisuuksia. Esimerkiksi metsiköissä, joissa latvuspeitto on alhainen, passiivisten kuvasensoreiden havaitsema signaali tulee suurelta osin maasta eikä puista.

Tilastollisiin yhteyksiin perustuva analyysi ja ennustaminen vaatii tarkoituksenmukaiset aineistot. Kaukokartoitussovelluksissa tämä tarkoittaa sekä kaukokartoitusaineistoja että maastohavaintoja kiinnostuksen kohteena olevasta tunnuksista. Usein tarvitaan myös aineistoja useilta ajankohdilta ja toistomittauksia maastossa. Ennustamisessa hyödynnetään nykyisin paljon koneoppimismenetelmiä, kuten päätöspuujoukkoja ja neuroverkkoja, jotka vaativat runsaasti opetusaineistoa. Maastohavaintojen määrän lisäksi erityisesti niiden edustavuus kiinnostuksen kohteena olevassa populaatiossa onkin keskeinen tekijä onnistuneessa kaukokartoitusmallinnuksessa. Loppujen lopuksi kaukokartoituksella tuotettu tieto perustuu aina tilastollisiin yhteyksiin eikä suoriin mittauksiin, oli aineisto, menetelmä tai metsien kerroksellisuus mikä tahansa.

Kerroksellisuus metsiin liittyvässä päätöstuessa – hierarkkioista verkostoihin ja yhdistämisestä erittelyyn

Jukka Tikkanen

Itä-suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto

jukka.tikkanen@uef.fi

Metsäpolitiikan näkökulmasta metsien kerroksellisuus viittaa ennen muuta päätöksentekotilanteen monimutkaisuuteen. Hyvää päätöstä tehtäessä pitäisi puntaroida toimenpiteiden ennakoituja vaikutuksia yhtä aikaa useisiin, tyypillisesti keskenään kilpaileviin tavoitteisiin. Lisäksi puntarointi pitäisi tehdä niin että otetaan huomioon niiden näkemyksiä, joihin tehtävä päätös voi vaikuttaa.

Päätöstukimenetelmiä kehittävä tutkimus on yksi suomalaisen metsätieteen vahvoista alueista. Päätöksentekoa on tuettu etenkin optimoinnin tai monikriteerisen päätösanalyysin avulla. Näissä metsien käytön tavoitteet pakotetaan yhteismitallisiksi ja ajatellaan keskenään vaihdettaviksi. Kehittyneillä optimointi-simulointimalleilla tuotetaan metsänsäätelyskenaarioita ja päätöksentekijöiltä tiedustellaan ennakkoon määritettyjen tavoitteiden tärkeyksiä ja vaihtosuhteita, jonka jälkeen etsitään laskennallisesti paras metsänsäätelyn skenaario. Yleensä tehdään myös herkkyyksianalyseja selvittämään miten eri parametrien arvot vaikuttavat lopputulokseen, koska laskelmiin liittyy aina paljon epävarmuutta. Myös osallistumisen mukanaan tuomaa monimutkaisuutta on hallittu monikriteeristä päätösanalyysia ja vuorovaikutteista optimointia soveltamalla, jolloin päätöksentekijät ja muut osallistujat sijoitetaan mukaan päätöshierarkiaan. Tämä valtavirtainen päätöstuen näkökulma on logikaltaan yhdistävä: kaikki tärkeät näkökulmat pyritään yhdistämään lopulta yhteen tunnuslukuun.

Laskennallisten menetelmien lisäksi metsätieteissä on pohdittu, miten päätöksentekoon liittyvää keskustelua voidaan tukea. Päähuomio on ollut hyvän ja tasa-arvoisen kommunikaation esteiden tunnistamisessa ja välttämässä niin, että voitaisiin saavuttaa konsensus ja parempi sitoutuminen tuleviin toimenpiteisiin. Tällainen yhteistoiminnallinen suunnitteluote on myös pohjimmiltaan yhdistävä, koska siinä pyritään löytämään hyvän keskustelun avulla yksi yhteisesti hyväksytty ratkaisu.

Yhdistävät lähestymistavat ovat ehkä käytännölle vieraita, koska sovellusesimerkkejä ei juuri ole, ainakaan metsäpoliittisessa päätöksenteossa. Moninaisuuden pelkistäminen optimoivaan laskelmaan tai konsensukseen ei ehkä tunnista riittävästi yhteiskunnan moniarvoisuutta. Vaarana on, että yhdistäminen hiljentää tärkeitä äänenpajinoja ja siirtää päätöksentekemisen vastuuta pois niiltä, joille se kuuluu.

Millaista päätöstuki, joka ei tavoittele yhden ratkaisun löytymistä, ja siihen liittyvä tutkimus voisi olla? Tällaista päätöstukea kutsumme eritteleväksi. Olennaista on tuoda päätöstilanteen kerroksellisuus näkyväksi ja eritellä laajasti toiminnot ja tavoitteet, joihin tarkasteltava toimenpide voi vaikuttaa. Toimenpiteiden vertailuun hyväksytään mukaan myös laadullisesti ilmaistuja tavoitteita. Lopulta päätöstuki, eli toimintavaihtoehtojen seurausten keskinäinen vertaaminen tavoitteiden suhteen, annetaan ”ehdollisin” termein, siten että autetaan päätöksentekijöitä ymmärtämään päätöstilanteen moninaisuus ja autetaan heitä tekemään arvojensa mukaisia valintoja, mutta tietoisena myös valinnan rajoitteista ja riippuvuuksista.

Yhdistävä ja erittelevä ote eivät ole toisiaan poissulkeviksi. Esimerkiksi simulointi-optimointi on oiva työkalu tuottaa erittelyyn toimintavaihtoehtoja ja numeerisia ennusteita niiden seurauksista; kommunikaation esteiden tunnistaminen ja välttäminen on edelleen arvokas osa hyvän suunnittelijan työkalupakkia, mutta tärkeää on istuttaa nämä erittelevän päätöstukiprosessin vaiheisiin ja varoa yhden moninaisuutta liiaksi yksinkertaistavan ratkaisun tarjoamista.

Ajalliset kerrokset boreaalisessa mäntymetsässä

Tuomas Aakala

Itä-Suomen yliopisto, Joensuu

tuomas.aakala@uef.fi

Metsäekologiassa kerroksellisuutta käsitellään tyypillisesti tilassa, mutta metsissä on kerroksellisuutta myös ajassa. Erityisen selkeästi ajallinen kerrostuneisuus tulee ilmi boreaalisissa mäntymetsissä. Tämä on seurausta mäntymetsille tyypillisestä häiriödynamiikasta, jossa erityisesti metsäpalot tuottavat erottuvia ajallisia kerroksia metsien rakenteeseen. Näihin kerroksiin kertyy informaatiota menneistä oloista, kerrokset varastoivat ja säilyttävät hiiltä eri tavoin, ja kerrostuneisuuden myötä ekosysteemiin kertyy myös erityyppisiä habitaatteja, jotka eivät ole välttämättä korvattavissa toisilla. Luonnonmetsissä havaittavan kerroksellisuuden muodostuminen boreaalsiin metsiin vie aikaa vuosisatoja. Tarkastelen tässä esityksessä mäntymetsien rakennetta ja dynamiikkaa nimenomaan tämän kerroksellisuuden kautta. Miten kerroksia muodostuu, mikä on niiden merkitys metsäeko-systeemissä? Pitäisikö kerroksellisuutta pyrkiä luomaan talousmetsiin?

Värriön Kuutsjärven sedimenttisarja kertoo jääkauden jälkeisen Suomen kasvillisuuden kehityksestä ja äkillisistä ilmaston heilahduksista

J. Sakari Salonen

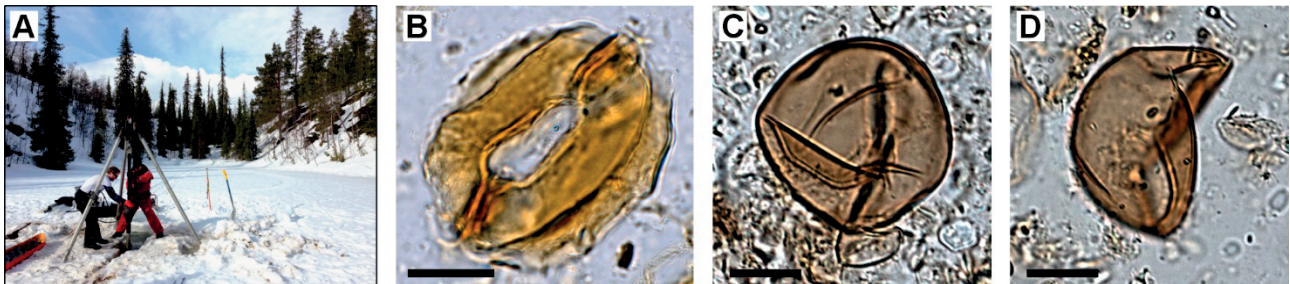
Geotieteiden ja maantieteen osasto, Helsingin yliopisto

sakari.salonen@helsinki.fi

Muinaisten ilmastojen tutkimus (paleoklimatologia) kuvaa maapallon ilmastokehitystä menneiden vuosituhansien aikana. Tutkimuksessa hyödynnetään niin sanottuja proksiaaineistoja, kuten maankamاران sedimenttien fossiileja tai kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, jotka tarjoavat välillistä tietoa maapallon muinaisista olosuhteista. Nykyisen lämpökauden, holoseenin (viimeiset 12 tuhatta vuotta [ka]) proksiaaineistoissa esiintyy holoseenin alkuosassa (12–8 ka) toistuvia, alle tuhannen vuoden kestoisia häiriöitä, jotka on yleisesti liitetty mannerjäätiköiltä Pohjois-Atlantille suuntautuneisiin sulavesipurkauksiin, joilla oli merkittäviä vaikutuksia valtameren kiertoon ja edelleen ilmastoon (Clark et al. 2001). Näiden äkillisten ilmastotapahtumien tarkempi luonne, kuten voimakkuus, alueellinen esiintyminen ja ilmastovaikutuksen painottuminen eri vuodenaikoihin, on yhä huonosti tunnettu.

Tutkimukssamme (Salonen et al. 2024) analysoimme Värriön luonnonpuiston Kuutsjärvestä (67.75°N 29.61°E) kairattua sedimenttiaineistoa (kuva 1A), josta analysoimme useita eri fossiiliprokseja, kuten siitepölyjä, kasvien makrofossiileja, muinaista kasvi-DNA:ta (aDNA) ja havupuiden huulisoluja. Tilastomalleja käyttäen siitepölyistä laadittiin kvantitatiivinen rekonstruktio holoseenin kesälämpötilan vaihtelusta. Kuutsjärven aineisto on erinomaisesti ajoitettu (23 radiohiili-äänmäärittystä) ja sen resoluutio on korkea (siitepölyaineiston näyteväli keskimäärin 47 vuotta), ja se paljastaakin sarjan äkillisiä muutoksia varhaisholoseenin kasvillisuudessa ja ilmastossa.

Kuutsjärven aineisto osoittaa kuusen saapuneen Itä-Lappiin jo varhain, 9,2 ka mennessä (siitepöly-, aDNA- ja huulisolulöytöjä; kuva 1B), minkä lisäksi siitepölylöydöt tarjoavat ensimmäiset todisteet lehtikuusen esiintymisestä Suomessa holoseenin aikana (9,6–5,9 ka; kuva 1C,D). Metsäpeitteessä esiintyy kaksi äkillistä heikkenemistä noin 10,4 ja 10,1 ka aikoihin, joiden tulkitsemme kytkeytyvän Pohjois-Atlantin piirissä tunnistettuun ilmastotapahtumaan (10,3 ka; Clark et al. 2001). Kuutsjärven aineistossa esiintyy myös selvä signaali 8,2 ka aikoihin tapahtuneesta, Pohjois-Atlantin merivirtojen heikkenemiseen liitetystä ilmaston viilenemisestä (Alley ja Ágústssdóttir 2005). Kuutsjärven siitepölyaineiston perusteella Itä-Lapissa tapahtui tuolloin koivu-mäntymetsän merkittävää avautumista ja samalla katajan runsastumista, minkä tulkitsemme selittyvän Pohjois-Atlantin häiriön alueellisilla ilmastovaikutuksilla, kuten kuivuudella ja todennäköisesti talveen painottuneella viilenemisellä.



Kuva 1. (A) Kuutsjärven kairaus. (B) Kuusen huulisolu. (C–D) Lehtikuusen siitepölyjä. Mustat palkit = 20 µm.

Viitteet

- Alley R, Ágústssdóttir A (2005) The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climate change. *Quat. Sci. Rev.* 24: 1123–1149. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.12.004>.
- Clark PU, Marshall SJ, Clarke GKC, Hostetler SW, Licciardi JM, Teller JT (2001) Freshwater Forcing of Abrupt Climate Change During the Last Glaciation. *Science* 293: 283–287. <https://doi.org/10.1126/science.1062517>.
- Salonen JS, Kuosmanen N, Alsos IG, Heintzman PD, Rijal DP, Schenk F, Bogren F, Luoto M, Philip A, Piilo S, Trasune L, Välranta M, Helmens KF (2024). Uncovering Holocene climate fluctuations and ancient conifer populations: Insights from a high-resolution multi-proxy record from Northern Finland. *Glob. Planet. Change* 237: 104462. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104462>.

Maaperän eri kerrosten rooli metsän aluskasvillisuuden vaihtelussa

Tiina Törmänen¹, Jari Oksanen², Maija Salemaa¹, Tiina Tonteri¹, Raisa Mäkipää¹

¹Luonnonvarakeskus, Helsinki; ²Kasvitieteen yksikkö, Luonnontieteellinen keskusmuseo, Helsinki.

tiina.tormanen@luke.fi

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa maaperän ominaisuudet, jotka selittävät suomalaisten metsien aluskasvillisuuden vaihtelua. Metsäkasvillisuuden ja maaperän kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien sekä puuston ominaisuuksien välisiä yhteyksiä tutkittiin sovittamalla ympäristövektoreita kasvillisuuden GNMDS (Global non-metric multidimensional scaling) ordinaatioon. Aineisto koostui noin 490 kivennäismailla otetusta koealasta ympäri Suomea. Koealat ovat osa valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) pysyvien ja systemaattisesti sijaitsevien metsänseuranta-alojen verkostoa, jotka perustettiin vuosina 1985–1986. Maanäytteet otettiin BioSoil hankkeessa vuosina 2006–2007. Maaperämuuttujien (esim. ravinteet, hiili, maaperän pH, kationinvaihtokapasiteetti, raekoko) ja joidenkin muiden ympäristömuuttujien vaikutuksia orgaaniseen kerrokseen ja kivennäismaakerrokseen arvioitiin analysoimalla niiden korrelaatiota kasvilajiston pääasiallisen vaihtelusuunnan kanssa.

Kaikista testatuista ravinnemuuttujista ja muista maaperän ominaisuuksista hiili/typpisuhteella ja joidenkin yksittäisten pääravinteiden pitoisuuksilla oli suurin korrelaatio aluskasvillisuuden kanssa. Yleisesti ottaen orgaanisen kerroksen muuttujilla oli suurempi korrelaatio aluskasvillisuuden kanssa kuin kivennäismaakerrosten ylimpien osien muuttujilla. Tulokset osoittivat, että metsämaan resurssigradientissa tärkeänä tekijänä nousee esille maaperän tärkeimpien ravinnepitoisuuksien muutokset. Ravinnepitoisuuksien muutokset korreloivat läheisemmin kasvillisuuden koostumuksen vaihtelun kanssa kuin maaperän fysikaaliset tekijät tai puuston ominaisuudet. Näillä tuloksilla on merkitystä metsämaan indikaattoreiden valinnassa tulevaa kansallista maaperän terveyden seurantaa varten ja analysoitaessa metsänhoitokäytäntöjen vaikutuksia maaperän prosesseihin.

Puiden ja niiden seuralaislajien evoluutio

Petri Keto-Tokoi

Tampereen ammattikorkeakoulu

petri.keto-tokoi@tuni.fi

Kun kuljet metsässä, voit havainnoida metsien ja metsälajien neljäsataamiljoonaisen evoluution erilaisia kerrostumia, rakenteita ja lajeja. Kaikilla vastaan tulevilla lajeilla on takanaan miljoonien vuosien monipolvinen evolutiivinen tarina, joka ulottuu syvälle aikain taa ja maapallon eri kolkkiin. Mitä olivatkaan ne moninaisten valintapaineiden muuttuvat yhdistelmät, jotka hioivat näistä lajeista juuri sellaisen kuin se nyt ovat? Tähän muinaisuuden kaivon kurkistaminen ruokkii mielikuvitusta ja tuo luontokokemuksiimme uudenlaista syvyyttä.

Metsänpohjan sammalet edustavat vanhinta kerrostumaa. Levistä kehittyneet maksasammalten kaltaiset sekovartiset juurettomat itiökasvit peittivät mattoina kosteita ranta-alueita ordovikikaudella 470 miljoonaa vuotta sitten. Jo näillä varhaisimmilla maakasveilla oli sienisymbiontteina keräsieniä (Glomeromycota) auttamassa veden ja ravinteiden otossa. Maakasveja ja metsiä ei olisi edes olemassa ilman mykorritsasieniä.

Kasvikunnan evoluutio on sarja rakenteellisia ja fysiologisia ratkaisuja, jotka ovat venyttäneet kasvien kykyä valloittaa kilpailusta vapaata tilaa, vesirajasta yhä kuivemmalle maalle ja korkeammalle kohti taivasta. Kun nostat katseesi metsän pohjan sammalmatosta ylös korkeuksissa huojuviin latvuksiin, näet silmänräpäyksessä matkan, johon kasvien evoluutiossa kului sata miljoonaa vuotta.

Metsän pohjalla suikertavat tutut lieot edustavat ensimmäisiä putkilokasveja, joille kehittyivät juuret ja vedenjohtoputkilot. Niiden avulla lieot kykenivät kasvamaan ylöspäin kilpailun kyllästämältä maan pinnalta. Devonikauden (420–360 milj. v. sitten) alussa kasvien korkeus oli metrin luokkaa, mutta kauden lopussa lieko- ja kortepuut huojuivat jo 10–30 metrin korkuisina. Puiden korkeuden kasvun seurauksena hyönteisille kehittyi lentokyky. Toistaiseksi vanhin tunnettu fossiilinen metsä on löydetty Gilboasta New Yorkin osavaltiota. Tämä devonikautinen metsä kasvoi 385 miljoonaa vuotta sitten. Sen kahdeksan metrin korkuisilla puumaisilla liekokasveilla ei ollut oksia eikä lehtiä, vaan latvus koostui yhä ohuemmiksi jakautuvista yhteyttävistä haaroista.

Ensimmäiset jälsiieriölliset, puuvartiset *Archaeopteris*-puut ilmestyivät devonikauden metsiin 370 miljoonaa vuotta sitten. Niiden runko muistutti havupuiden puuainesta, mutta lehdet olivat saniaismaiset ja ne lisääntyivät itiöistä. Varhaiset paljassienemeniset havupuut kehittyivät kivihiihlikaudella ja vallitsivat permikaudella. Nykyiset havupuuheimot kehittyivät trias- ja jurakaudella niistä varhaisempien havupuiden rippeistä, jotka selvisivät permikauden lopun (252 milj.v.sitten) joukkotuhosta. Vanhimmat mänty- (*Pinus mundayi*) ja kuusisukujen fossiilit (*Picea burtonii*) ovat liitukaudelta, noin 136 miljoonaa vuotta vanhoja ja ne on löydetty Kanadasta.

Ensimmäiset koppisiemeniset kasvit ilmaantuvat fossiiliaineistoihin liitukauden alkupuolella, mutta geneettiset tutkimukset osoittavat niille paljon aikaisempaa, jura- tai jopa triaskautista alkuperää. Liitukauden keskivaiheilla lehtipuut runsastuivat nopeasti ja valtasivat alaa havupuilta. Tämä johtui vedenjohtoputkiloiden ja nilan siiviläputkien vedenjohtokyvyssä tapahtuneesta kehityksestä, joka mahdollisti aiempaa suuremman yhteyttämistehokkuuden ja kasvun. Lehtipuulajit valtasivat trooppisten ja lauhkeiden vyöhykkeiden metsät ja vain kylmät ja karut alueet jäivät havupuuvaltaisiksi. Nykyiset lehtipuusuvut kehittyivät kuitenkin vasta liitukauden lopun joukkosukupuutosta selvinneistä lehtipuista.

Nykyiset eurooppalaiset lauhkean vyöhykkeen lehtipuulajit lajiutuivat Euroopassa mioseenin lopun ja plioseenin aikana noin 10–3 miljoonaa vuotta sitten. Euraasian boreaalisen vyöhykkeen kylmänkestävät kehittyivät mioseenin jälkipuoliskon ja plioseenin (5–2,6 miljoonaa vuotta sitten) viilenevässä ilmastossa joko Aasian vuoristoissa tai arktisilla alueilla, mutta nykyiseen laajuuteensa boreaaliset metsät levisivät vasta pleistoseenin aikana.

Viitteet

Keto-Tokoi P (2021) Puiden ja niiden asukkaiden evoluutio. Luku teoksessa: Keto-Tokoi P & Siitonen J (2021) Puiden asukkaat – Suomen puiden seuralaislajit. Gaudeamus.

Metsää kuvaavien mallien kerroksellisuudesta: Mitä metsätalouden vaikutuksista lintuihin voi mallintamalla päätellä – ja mitä ei?

Jari Vauhkonen

Itä-Suomen yliopisto, Joensuu

jari.vauhkonen@uef.fi

”Kaikki mallit ovat vääriä, mutta jotkin ovat hyödyllisiä” (George E.P. Box). Niiden mahdolliset systemaattiset virhelähteet ovat kuitenkin ongelmallisia malleihin pohjautuvassa päätöksenteossa (esim. Kangas ym. 2018).

Kahden muuttujan välisen riippuvuuden induktiivisessa päättelyssä tutkija lähtee liikkeelle havaintojoukosta ja muodostaa niistä yleistyksen. Tilastollista merkitsevyyttä tarkastelemalla tutkija pyrkii varmistamaan, ettei yleistykseen johtanut tulos olisi sattumaa. ”Tilastollisesti merkitsevä” ero tarkoittaa kuitenkin ainoastaan sen olemassaoloa tehdyillä oletuksilla ja otoksessa. Uusi havaintoaineisto voi kumota aikaisemman yleistyksen emmekä voi koskaan olla varmoja siitä, onko aikaisempi, tilastollisesti merkitseväkään, yleistyks todellinen.

Regressioanalyysissä muuttujien välisiä yhteyksiä ja niiden voimakkuuksia kuvaavien mallien harhattomuuteen vaikuttavat havaintojen, selittävien muuttujien ja virhetermien jakaumaan, poikkeaviin havaintoihin ja mallimuotoon liittyvät oletukset. Näiden oletusten paikkaansa-pitämättömyys korostuu pitkittäistutkimuksissa eli tutkimuksissa, joissa tutkittava ilmiö rekisteröidään kahtena tai useampana ajankohtana. Aikasarjatyyppisissä aineistoissa yksittäisen havainnon saama arvo ja koko otoksen arvojen jakauma riippuvat todennäköisesti aikasarjan toisista arvoista, jolloin regressioanalyysin perusedellytys riippumattomista ja identtisesti jakautuneista (i.i.d., engl. independent and identically distributed) ei toteudu.

Metsätalouden vaikutusta lintuihin arvioivien, vertaisarvioitujen tutkimusten tulokset ovat kohtuullisen yksituumaisia metsätalouden ja varsinkin avohakkuiden haitallisen vaikutuksen merkitsevyydestä. Asiasta on kuitenkin käyty laajahkoa debattia esim. Metsätieteen aikakauskirjassa. Käyn esityksessäni läpi viimeisen viiden vuoden aikana julkaistut, metsätalouden vaikutuksia lintuihin arvioivat vertaisarvioidut tutkimukset, ja arvioin niiden todistusvoimaa yllä mainituista tilastotieteellisen induktion näkökulmista. Yhteenvedoksi tästä tarkastelusta voi tiivistää:

- ettei yksittäisiä aikasarjoja tarkastelemalla hakkuumäärien tai -pinta-alojen ja lintukantojen välistä yhteyttä voi erottaa näennäisestä riippuvuudesta (spurious association), jossa kaksi muuttujaa kehittyy samaan tapaan yli ajan, mutta ilman varsinaista kausaalisuutta; aika on tässä ns. sekoittava tekijä (confounding variable);
- pseudoreplikaatio huomioimaan pyrkivien tekniikoiden kuten sekamallien käyttö on vajavaista: jos malliin sovitetaan kiinteitä ja satunnaisvaikutuksia, niin ilmiön kuvailu sovitetun mallin avulla perustuu useimmiten vain sen rajattuun osaan;
- sekä vaste- että selittävät muuttujat kattavien pitkittäisaineistojen koostaminen ja yhdistäminen vaikuttaa haastavalta varsinkin pitkien aikasarjojen tapauksissa. Selittävinä muuttujina käytetyt, globaalin maankäytön ja metsäkadon muutoksen seurantaan kehitetyt aineistot kuvaavat metsätalouden toimenpiteitä harhaisesti.

Katsauksen lopputulos on hämmentävä: vaikka kaikki tarkastellut tutkimukset todistavat vahvasta metsätalouden (avohakkuiden) ja lintukantojen välisestä negatiivisesta assosiaatiosta, jokaista niistä voi pitää vahvana yksinkertaistuksena. Kunkin raportoidun mallin ja taustalla olevan aineiston perusteellisempi tarkastelu johtaa monisyisempiin ja yleensä yli ajan vaihteleviin selittäviin tekijöihin. Edellä olevat tulokset eivät ole ekologin vaan mallintajan tekemiä. Laaditut mallit perustuvat kuitenkin samoihin, laatijasta riippumattomiin taustaoletuksiin, joiden erilaisesta huomioinnista ja raportoinnista on näiden löydösten perusteella tärkeää avata keskustelua.

Viitteet

Kangas A, Korhonen KT, Packalen T, Vauhkonen J (2018) Sources and types of uncertainties in the information on forest-related ecosystem services. *Forest Ecology and Management* 427: 7–16.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.056>

Uneven-aged and even-aged forest management shape the fungal community composition and affect soil carbon stabilization

Eva-Maria Roth¹, Outi-Maaria Sietiö², Bartosz Adamczyk³, Pingping Xu⁴, Sauli Valkonen³, Eeva-Stiina Tuittila⁵, Heljä-Sisko Helmisaari¹, Kristiina Karhu¹

¹ Department of Forest Sciences, University of Helsinki; ² Häme University of Applied Sciences; ³ Natural Resources Institute Finland; ⁴ University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; ⁵ School of Forest Sciences, University of Eastern Finland, Joensuu
eva-maria.roth@helsinki.fi

In Finland's forests the prevailing management system today is rotation forests management (RFM), which includes clear-cutting and leads to even-aged stands. Continuous-cover forestry (CCF)—an alternative gaining popularity—omits clear-cutting and ideally leads to multilayered, uneven-aged stands. In times of climate change, it is important to understand how these two management regimes affect the C storage, particularly in the soil as boreal forests store C predominantly as soil organic carbon (SOC). However, empirical studies of the impact of CCF on SOC dynamics are still sparse. SOC originates primarily from belowground C inputs through roots and root-associated fungi which are both likely affected by the forest management regime. Roots and fungi furthermore regulate soil C decomposition, and their residues contribute to the formation of stable SOC.

In our study we aimed to assess how multilayered CCF stands affect the soil fungal community compared to even-aged RFM stands and how shifts in the fungal community may affect the soil C storage in the long term. We hypothesized that the more efficient use of rooting space in structurally more complex CCF and higher stand density in uncut plots would lead to a higher root density. Multilayered structures and less harvesting disturbances in CCF would lead to a more diverse fungal community than RFM. We expected that uneven-aged and uncut forests feature a higher abundance of ectomycorrhizal fungi compared to saprotrophs and harbour a more diverse ectomycorrhizal community than clear-cut plots. We expected more chemically recalcitrant SOC in CCF and uncut plots and higher shares of particulate organic carbon due to higher root density.

We studied mesic Norway spruce-dominated (*Picea abies* Karst) forests in Vessari, central Finland. Our study featured 1) recently clear-cut plots and 2) mature even-aged stands (as two opposing stages of RFM), 3) uneven-aged stands (CCF), and 4) an uncut control. We analysed the soil fungal community with metabarcoding using DNA sequences of fungal ITS2 regions and evaluated the response of saprotrophic, ecto- and ericoid mycorrhizal fungal guilds to the management practice. We analysed the stability of SOC through physical and chemical fractionation, the decomposability through lab incubation and the *in situ* decomposition rate of cellulose bags.

We found that root biomass in dense uncut plots was marginally higher than in other treatments and showed a similar trend in uneven-aged CCF plots. CCF and RFM both altered the fungal community composition compared to uncut forest stands, with the biggest differences in clear-cut plots. Even though the total fungal diversity was not affected by the management regime, ectomycorrhizal fungi showed a declined abundance, diversity and richness in clear-cuts. Hence, the ratio between saprotrophic and ecto- or ericoid mycorrhizal fungal guilds was shifted to a dominance of saprotrophs in clear-cuts. As root-associated mycorrhizal fungi suppress decomposition by saprotrophs according to the Gadgil theory, this may indicate a lower potential for SOC accumulation in clear-cut sites. However, neither total C stock, nor decomposition rate were affected by the management system, highlighting the functional redundancy in the fungal community. Similarly, physical and chemical fractionation of SOC did not show forest management effects. However, lab incubation indicated an accumulation of labile SOC in uncut plots. An enrichment in ¹⁵N in uneven-aged plots may indicate an elevated impact of ectomycorrhizal fungi on soil organic matter formation.

We conclude that the altered fungal community composition in CCF is unlikely to change the long-term SOC storage compared to uncut plots. In RFM clear-cutting shifted the functionality of fungal guilds, but the effects could not anymore be observed in mature stands. How this would affect over time and particularly if repeated clear-cutting would eventually alter the ecological functionality of soil fungi permanently should be further studied.

References

- Gadgil R, Gadgil P (1975) Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forest Science 5: 33–41.
- Roth E-M, Sietiö O-M, Valkonen S, Tuittila E-S, Helmisaari H-S, Karhu K (2025) Uneven-aged and even-aged forest management shape the soil fungal community composition in a boreal Norway spruce (*Picea abies*)

Karst) forest. Science of The Total Environment 965: 178648.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178648>

Roth E-M, Sietiö O-M, Adamczyk B, Xu P, Valkonen S, Tuittila E-S, Helmisaari H-S, Karhu K (2025)

Stabilization processes of soil carbon are affected by continuous-cover and rotation forest management in a boreal Norway spruce forest. [manuscript currently under review]

Heikentyvät metsien hiilinielut: kannustaako LULUCF-asetus jäsenmaita toimenpiteisiin maankäyttösektorin ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi?

Ville Hakkarainen

Helsingin yliopisto

ville.hakkarainen@helsinki.fi

Euroopan unionin LULUCF-asetus (land use, land use change and forestry) määrittää jäsenmaille sitovat ilmastotavoitteet maankäyttösektorille vuosille 2021-2030. Suomi on jäämässä merkittävästi etenkin ensimmäisen velvoitekauden (2021-2025) tavoitteesta jälkeen (Seppälä ym., 2025). Myös koko Euroopan unionin laajuisen nettotavoitteen saavuttaminen vaikuttaa haastavalta, ja kehityksen taustalla on erityisesti metsien hiilinielujen heikentyminen (European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2024).

Asetukseen sisältyy erilaisia ohjaavia ja sanktiotyyppisiä mekanismeja, joita hyödynnetään, mikäli jäsenmaat eivät pääse tavoitteisiinsa. Ensimmäisellä velvoitekaudella alijäämäisten jäsenmaiden on joko ostettava nieluyksiköitä ylijäämäisiltä mailta tai siirrettävä vaje taakanjakosektorille. Näiden seuraamusten kustannuksiin liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia, ja ne riippuvat jossain määrin myös muiden maiden toiminnasta. Esimerkiksi nieluyksiköiden hinnanmuodostukseen ja kauppaan vaikuttaa olennaisesti, päästääkö koko Euroopan unionin nettotavoitteeseen vai ei. Lisäksi tarkat tavoitteet varmistuvat vasta, kun komissio on hyväksynyt laskentoihin mahdolliset tekniset korjaukset sekä luontotuhojen huomioinnit.

LULUCF-asetuksesta, siihen liittyvistä epävarmuuksista ja jäsenmaiden välisestä vuorovaikutuksesta muodostuu monimutkainen kokonaisuus, jossa jäsenmaiden on haastavaa vertailla eri toimintavaihtoehtojen kustannuksia toisiinsa, eikä asetuksen riittävä ja uskottava ohjausvaikutus ole välttämättä ilmeinen. Yksi mahdollinen selitys maankäyttösektorin päästöjen kehitykselle Euroopan unionissa on, että ainakin osa jäsenmaista on arvioinut mieluisimmaksi toimintatavaksi olla tavoittelematta asetuksessa määriteltäjä maankäyttösektorin ilmastovelvoitteita.

Tässä tutkimuksessa analysoidaan LULUCF-asetuksen kannusteita sekä sen puitteissa tapahtuvaa päätöksentekoa ja vuorovaikutusta. Työn päämetodi on peliteoreettinen analyysi.

Viitteet

- European Environment Agency: European Scientific Advisory Board on Climate Change (2024) Towards EU climate neutrality: progress, policy gaps and opportunities: assessment report 2024. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/216446>.
- Seppälä J, Ahlvik L, Lehtonen A., Leino M, Mosley F, Mäkipää R, Ollikainen M, Salo M, Soimakallio S, Toiviainen A, Vesa S, Vikfors S (2025) Arvio Suomen maankäyttösektorin tilanteesta – Tarkastelussa EU:n LULUCF-velvoitekaudet 2021–2025 ja 2026–2030. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2025. <https://doi.org/10.31885/9789527457344>.

Metsänomistajan arvotaulukko kuntametsien suunnittelun välineenä – toimintatutkimus Siilinjärvellä

Miika Kajanus, Minna Luoto, Noora Niskanen

Savonia-ammattikorkeakoulu

minna.luoto@savonia.fi

Kuntien metsien käytössä taloudelliset, ekologiset ja sosiaaliset tavoitteet limittyvät kerroksellisella tavalla. Taloudellisen hyödyn maksimointi on kunnissa usein keskiössä, mutta samaan aikaan kunnan tulee edistää luonnon monimuotoisuuden suojelua alueellaan. Myös hiilivarastoihin, virkistyskäyttöön ja vesien tilaan tulee kiinnittää huomiota. Tutkimuskysymyksemme on: miten nämä osin ristiriitaiset tavoitteet voidaan tuoda systemaattisesti esiin ja käsitellä nykykäytäntöjä perusteellisemmin kunnallisessa metsäsuunnittelussa ja päätöksenteossa? Teoreettisesti tutkimus nojaa monikriteerisen päätösanalyysin (MCDA) lähestymistapaan, jossa päätöksenteon kohteena olevia vaihtoehtoja arvioidaan useiden kriteerien suhteen ja pyritään hahmottamaan tavoitteiden välisiä ristiriitoja ja synergioita (Belton & Stewart 2002). Metsänomistajan arvotaulukko (tavoite/toimenpide -taulukko) edustaa päätösanalyysin keskeisiä välineitä (vrt. Kajanus 2001), ja sen etuna on, että se tarjoaa pohjan erilaisten painotusten, preferenssien ja vaihtosuhteiden mallintamiseen analyysivaiheissa.

Empiirisesti tutkimus toteutettiin Vastuullista metsäsuunnittelua kuntametsänomistajalle -hankkeessa, jossa sovelletaan toimintatutkimus -lähestymistapaa Siilinjärven kunnan metsien suunnitteluun. Menetelmä yhdistää avoimen paikatiedon analyysin, arvotaulukon rakentamisen sekä metsäsuunnitelman maastomittauksiin integroidun luontoarvokartoituksen. Arvotaulukko kuvaa vaihtoehtoiset metsänkäyttöpolut maksimaalisesta hakkuusta täyteen suojeluun ja arvioi niiden seurauksia talouden, monimuotoisuuden, hiililäteen, vesien tilan ja virkistyskäytön näkökulmista. Tämä toteutettiin jakamalla metsät kestävä talouskäytön ja herkkiin alueisiin. Ensimmäisen vaiheen arvotaulukko perustui avoimeen metsä- ja luontotietoon sekä tilatason simulointimalliin ja sitä hyödynnettiin maastotöiden suunnitteluun. Toisen vaiheen arvotaulukko perustuu maastossa mitattuun metsä- ja luontotietoon sekä kasvulaskentaan ja sitä hyödynnetään metsäsuunnitelman koostamiseen. Analyysi keskittyi siihen, miten arvotaulukko tukee päätöksentekoa: 1) millaisia ristiriitoja ja synergioita eri tavoitteiden välillä voidaan tunnistaa, 2) miten taulukko auttaa eksplikoimaan metsänomistajan arvopohjaa ja 3) miten se tukee päätöksentekoa prosessin eri vaiheissa. Erityisesti havaittiin, että arvotaulukko pohjustaa faktapohjaista ja dialogista keskustelua kunnallisessa päätöksenteossa. Se tarjoaa yhteisen tietoperustan, jonka avulla voidaan käydä arvokeskustelua demokratian viitekehyksessä (ks. Reed 2008; Gregory et al. 2012).

Tulokset osoittavat, että arvotaulukko tekee vaihtoehtoisten metsänkäyttöpolkujen seuraukset näkyviksi systemaattisella ja kommunikativalla tavalla. Siilinjärven esimerkkitapauksessa se konkretisoi esimerkiksi, kuinka paljon hakkuutuloista on luovuttava, jos vesien tilan parantaminen tai hiilinielujen kasvattaminen asetetaan etusijalle. Menetelmä tuo esiin metsien kerroksellisuuden ja tukee kuntapäittäjiä informoidummissa ja läpinäkyvämmissä ratkaisuissa. Lisäksi arvotaulukko tarjoaa välineen tarkastella ja dokumentoida, miten suunniteltu metsien käyttö poikkeaa nykykäytännöstä, mikä on linjassa EU-taksonomian vaatimusten kanssa ympäristön kannalta kestävien taloudellisten toimintojen osoittamisesta. Hankkeen tuloksena kehitetään prosessikuvaus ja opas, jonka avulla menetelmä on toistettavissa muissa kunnissa ja erilaisten metsänomistajien päätöksenteossa.

Viitteet

- Belton V. Stewart T.J (2002) Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Gregory R., Failing L., Harstone M., Long G, McDaniels T, Ohlson, D (2012) Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Kajanus M. (2001) Strategy and innovation model for entrepreneurial forest owner. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Väitöskirja.
- Reed, M.S (2008) Stakeholder participation for environmental management: A literature review. Biological Conservation, 141(10), 2417–2431.

Kestävä arvonluonti puunhankinnan arvoketjussa

Katri Rusanen, Anu Laakkonen, Teppo Hujala, Jouni Pykäläinen

Metsätieteiden osasto, luonnontieteiden, metsätieteiden ja tekniikan tiedekunta, Itä-Suomen yliopisto
katri.rusanen@uef.fi

Kestävyyshäviö koskettaa metsäsektoria laajasti. Yritysten odotetaan enenevässä määrin luovan kestäväää arvoa eli vaikuttavan myönteisesti ympäristöön ja yhteiskuntaan liiketoimintansa kautta. Suomessa sellua, paperia ja sahatavaraa tuottavat suuret metsäteollisuuden yritykset ovat kehittäneet toimintansa kestävyttä ja siihen liittyvää raportointia kasvaneiden ulkoisten paineiden vuoksi. Toisaalta niiden päivitetty kestävyysstrategiat ja liiketoimintamallit eivät ole parantaneet merkittävästi metsien ekologista tilaa. Yksi syy tähän voi olla yritysten pitkät arvoketjut ja vaikeus viedä kestävyysstrategioita käytäntöön, erityisesti metsäkoneurakoitsijoille ja yksittäisille koneenkuljettajille. Suomessa metsäkoneurakoitsijat ovat tärkeä osa puunhankinnan arvoketjua. Ne toimivat usein suurten metsäteollisuusyritysten varsin tiukin ehdoin kilpailutettuina sopimuskumppaneina, samalla noudattaen taloudellisen tehokkuuden logiikkaa, joka voi johtaa ympäristöllisten ja sosiaalisten arvojen heikentymiseen. Suurten yritysten lisäksi myös urakoitsijoita pidetään vastuussa puunkorjuun yhteydessä syntyneistä ympäristövaurioista metsissä. Kuitenkin riskit ovat niille suuremmat verrattuna suuriin yrityksiin, sillä vastuuttomaksi katsottu toiminta saattaa johtaa isoihin tappioihin tai jopa liiketoiminnan loppumiseen. Suurten yritysten ja niiden urakoitsijoiden suhteesta on toistaiseksi vain vähän tutkimusta kestävyuden näkökulmasta.

Kyseisessä tapaustutkimuksessa (1) selvitetään, miten puunkorjuu-urakoitsijat on otettu huomioon suuren metsäteollisuusyrityksen monimuotoisuuden lisäämiseen liittyvässä palvelussa ja sen liiketoimintamallissa ja 2) tunnistetaan osallistamiseen vaikuttavia esteitä. Tapauksena on Metsä Groupin uudistavan metsätalouden strategiaan liittyvä Metsä Group+ hoitomalli eli palvelu, joka edustaa laajemmin metsäteollisuuden pyrkimystä kohti paremmin luontoarvoja huomioivaa puunkorjuuta. Tutkimusta varten on haastateltu kahta Metsä Groupin puunhankintaketjun asiantuntijaa ja yhdeksää urakoitsijayrittäjää talven 2025 aikana.

Tulosten mukaan urakoitsijat suhtautuvat palveluun suhteellisen myönteisesti, vaikka usein se koetaan ulkopäin annetuksi velvollisuudeksi muiden lisääntyneiden kestävyysmääräysten joukossa. Koneenkuljettajat ovat joutuneet selvittämään maastossa asiakkaille, eli metsänomistajille, mitä palvelu käytännössä tarkoittaa. Urakoitsijayrityksiä on osallistettu palvelun kehittämisessä vain vähän, eivätkä ne saa taloudellista kannustinta monimuotoisuustöiden toteuttamisesta. Toisaalta kaikki urakoitsijayritykset eivät ole osoittaneet kiinnostusta palvelun kehittämiseen. Tulokset korostavat, että ottamalla metsäkoneurakoitsijat ja koneenkuljettajat paremmin mukaan kestävä arvon luomiseen metsäluonnon hyvinvointia ja monimuotoisuustoimien hyväksyttävyyttä voitaisiin lisätä. Myös uusia tapoja osallistaa puunhankinnan arvoketjun alkupään toimijoita monimuotoisuus-työhön tulisi kehittää. Kestäviä liiketoimintamalleja tulee suunnitella koko arvoketju huomioon ottaen ja aktiivisesti sidosryhmäyhteistyötä ja -viestintää tehden. Tulokset lisäävät läpinäkyvyyttä liiketoiminnan ja muun yhteiskunnan välillä, mikä auttaa vahvistamaan hyväksyttävyyttä metsien kestävästä käytöstä.

Ympäristövaikutustiedon hallinta metsänkäsittelyn suunnittelun, toteutuksen ja raportoinnin monitasoisessa tietämysjärjestelmässä

Karoliina Haikoski, Teppo Hujala
Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto
karoliina.haikoski@uef.fi

Kestävyyden näkökulma metsätaloudessa on alkanut korostua erityisesti ilmastonmuutoksen ja luontokadon myötä, johon pyritään reagoimaan säätelyn ja markkinoiden mekanismein. Metsien käytön aiheuttamien ympäristövaikutusten tunnistamisessa tutkimuksen keinoin edetään jatkuvasti, jonka myötä tarve metsäalan käytänteiden muuttamiselle ympäristön näkökulmasta on käynyt yhä ilmeisemmäksi.

Metsien käsittely voi vaikuttaa mm. monimuotoisuuden rakennepiirteisiin, vesistökuormitukseen ja elinympäristöjen kytkeytyneisyyteen. Metsänhoidon kehittyneempien menetelmien leviäminen osaksi metsätaloustoimien käytäntöjä on edelleen vaihtelevaa eri toimijoiden ja metsänomistajien keskuudessa. Haaste on monitasoinen ja -systeminen: yhtäältä metsätaloustoimien ympäristötiedon hallinnan olisi edettävä katkeamatta taktisesta metsäsuunnittelusta toimenpidesuunnittelun ja toteutuksen, sekä sen raportoinnin kautta yhteenvetotietoihin. Toisaalta tietämyksen hallinnan olisi syytä palvella metsänomistajaa, toimijaorganisaatiota ja uskottavaa kestävyysraportointia odottavia yhteistyökumppaneita ja sidosryhmiä.

Ympäristövaikutustiedon hallinnan kompleksisuutta lisäävät metsänomistajien ja toimijajoukon moninaisuus, päätöksenteon kerroksellisuus, sekä vaihtelevat viiveet tietämyksenhallinnan eri vaiheiden välillä. Ohjauskeinojen ja ympäristövaikutustiedon hallinnan suhdetta ja sen kehitystyötä haastaa lisäksi se, että kansainvälinen, EU-tason ja kansallinen sääntely saattavat muuttua. Kuten myös markkinaehtoiset ohjauskeinot, mukaan lukien metsäsertifiointi ja luontoarvomarkkinat, tuoden mukanaan uusia mitattavia indikaattoreita. Haasteita ja mahdollisuuksia tuovat myös EU:n ennallistamisasetuksen kansalliset toimenpanosuunnitelmat, joiden yksityiskohdat elävät vielä jonkin aikaa.

Puheenvuoro esittelee käynnissä olevan väitöskirjatutkimuksen ensimmäisenä vaiheena syntynyttä systeemistä jäsenystä metsänkäsittelytoimien ympäristötiedonhallinnan vaiheista, sen kriittisistä menestystekijöistä ja kehittymiseen vaikuttavista muutosvoimista. Jäsenyyksen pohjalta esitys pohtii uusimman luonnon- ja yhteiskuntatieteellisen tiedon sekä metsätalouden käytännön liiketoiminnan vastuullisuusraportoinnin yhtymäkohtia. Tutkimuksen seuraavana vaiheena on luoda, testata ja pilotoida arviointikehikko, joka sopii ympäristövaikutustiedon hallinnan suunnittelun ja arvioinnin tueksi ja luontohyötyjen tuottamisen avuksi eri käyttäjäryhmien tarpeisiin.

Biodiversity implications of forest carbon payments

Aino Assmuth¹, Aapo Rautiainen¹, Johanna Pohjola², Matti Hyrynen¹, Sampo Pihlainen², Jussi Lintunen

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), ² Finnish Environment Institute (Syke)

aino.assmuth@luke.fi

The deep interconnections between climate change and biodiversity loss are increasingly recognized, and simultaneous, coordinated action in the mitigation of these twin crises is called for. Carbon payments have been proposed as a means of incentivizing forest management that jointly optimizes timber production and carbon storage benefits. Here, we analyze the impacts of hypothetical forest carbon payment schemes on forest biodiversity using a detailed forest sector model for Finland.

We extend the Finnish Forest and Energy Policy model (FinFEP) that describes Finland's forest resources, timber markets, and forest and energy industries. In the model, the regional supply and demand of wood arise endogenously and the development of forest resources over time is determined by harvests and growth. Moreover, forest-owners' heterogeneous valuations of forest amenities affect their harvesting behavior and willingness to join a carbon payment scheme. We measure forest biodiversity using an ecosystem condition index based on habitat-specific structural components: stand age, deadwood volume, and, depending on site productivity, either broadleaved tree volume or annual burnt area. We examine four options for forest carbon payment policies: 1. business-as-usual (BAU), where no forest carbon payment scheme is implemented; 2. full coverage, where all forests in Finland are included in the carbon payment scheme; 3. partial coverage, where participation in the scheme is voluntary and only those Finnish forest-owners with mild or strong Hartmanian preferences opt in; and 4. low coverage, where only forest-owners with strong Hartmanian preferences opt in.

Our results indicate that forest carbon payments with a price level of 15€ tCO₂-1 – sufficient to cause a significant 20–30 MtCO₂yr⁻¹ increase in domestic net sink – have a small to moderate positive effect on forest ecosystem condition. The improvements in ecosystem condition result from longer rotations and greater volumes of broadleaved trees and dead wood, and are weaker on low productivity sites. The extent to which forest-owners change their harvesting behavior – and hence the ecosystem condition of their stands – in response to the carbon payment scheme depends both on their amenity preferences and the coverage of the scheme. Under a full-coverage scheme, the strongest positive effects on ecosystem condition are seen in stands of mild Hartmanian forest-owners, with less effect on strong Hartmanians who apply long rotation ages even without carbon payments. Assuming a partial-coverage scheme, harvests leak from the stands of the participating Hartmanian forest-owners to those owned by non-participating NPV maximizers, implying that ecosystem condition weakens in the stands of the latter. The aggregate effect on ecosystem condition is still positive. According to a sensitivity analysis, carbon payments enable the improvement of ecosystem condition even under relatively high product demand.

Our results suggest that forest carbon payments are likely to have biodiversity co-benefits in boreal conditions, but halting biodiversity loss will require additional, biodiversity-targeted policies. Consideration of forest-owner preferences is vital for designing effective policies.

References

- Hartman R (1976) The harvesting decision when a standing forest has value. *Econ inq*14(1): 52–58.
- Kangas J, Kullberg P, Pekkonen M, Kotiaho J, Ollikainen M (2021) Precision, Applicability, and Economic Implications: A Comparison of Alternative Biodiversity Offset Indexes. *Environ Manag* 68(2): 170–183. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01488-5>
- Lintunen J, Laturi J, Uusivuori J (2015) Finnish Forest and Energy Policy model (FinFEP) – A Model Description. Mimeo. Natural Resources Institute Finland. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-119-8>

Puuntuotannon, ilmastonmuutoksen hillinnän ja luonnon monimuotoisuuden tasapainottaminen borealisessa metsänhoidossa

Alm Gnista¹, Vesa-Pekka Parkatti^{1,2}, Olli Tahvonen^{1,2}, Antti Suominen³

¹Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki; ²Taloustieteen osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki; ³Tieto- ja palvelujohtamisen laitos, Aalto-yliopisto, Espoo

alm.gnista@helsinki.fi

Kasvatavien ilmasto- ja monimuotoisuustavoitteet heijastuvat myös boreaalisten talousmetsien hoitoon. Metsien kerroksellinen rooli puuntuotannon lähteenä, hiilinieluna ja monimuotoisuuden turvaajana korostaa tarvetta kehittää metsänhoitoa, joka sovittaa yhteen nämä osin ristiriitaiset tavoitteet.

Tässä tutkimuksessa sovelletaan vahvistusoppimiseen perustuvaa optimointimenetelmää metsikkötasolla kuusivaltaisessa metsässä. Vahvistusoppiminen mahdollistaa korkeaulotteisten optimointiongelmien tarkastelun, joissa taloudelliset ja ekologiset tavoitteet huomioidaan samanaikaisesti (Malo et al., 2021; Tahvonen et al., 2022). Optimoinnin kohteina ovat puuntuotannon, hiilen sidonnan ja lahoppuun arvo. Tuloksia verrataan tavanomaiseen metsänkäyttöön (business-as-usual, BAU) sekä BAU-vaihtoehtoihin pidennetyllä kiertokaudella, joka vastaa monimuotoisuuden turvaamiseen tähtääviä käytäntöjä.

Tulokset osoittavat, että optimointi voi tuottaa ratkaisuja, joissa lisätään samanaikaisesti sekä puuntuotannon arvoa, että hiilen ja lahoppuun määriä verrattuna BAU-käytäntöön. Jo pelkästään puuntuotannon arvoa maksimoivat ratkaisut tuottavat matalalla (1 %) korolla enemmän hiiltä ja lahoppuuta kuin BAU. Kun hiilen tai lahoppuun arvottaminen sisällytetään optimointiin, ilmasto- ja monimuotoisuushyödyt kasvavat edelleen. Korkeamman (3 %) koron tapauksessa BAU on monimuotoisuuden osalta lähellä suhteessa pelkkää puuntuotannon arvoa maksimoivaan ratkaisuun, mutta hiilen tai lahoppuun arvottaminen tuottaa ratkaisuja, jotka ylittävät BAU:n sekä puuntuotannon, hiilinielun että monimuotoisuuden näkökulmasta.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että optimiratkaisut, joissa monikäyttötavoitteet otetaan huomioon, voivat edistää sekä monimuotoisuus- että ilmastotavoitteiden saavuttamista samalla kun puuntuotannon arvo lisääntyy BAU:iin verrattuna. Lisäksi ne voivat myös lisätä metsän tasapainotilan hakkuutasoa ja puutuloja verrattuna ratkaisuihin, joissa maksimoidaan pelkästään puuntuotannon nettonykyarvo.

Viitteet

- Malo P., Tahvonen O., Suominen A., Back P., Viitasaari L (2021) Reinforcement learning in optimizing forest management. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(10), pp.1393-1409. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0447>
- Tahvonen O., Suominen A., Malo P., Viitasaari L., Parkatti V.P (2022) Optimizing high-dimensional stochastic forestry via reinforcement learning. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 145, p.104553 <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2022.104553>

Teoreettinen näkökulma metsien latvuksen kerroksellisuuteen

Markku Larjavaara

Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto

markku.larjavaara@helsinki.fi

Metsien latvus muodostaa usein vain yhden kerroksen. Tämä on tyypillistä, kun kaikki metsän puut ovat suurin piirtein saman ikäisiä ja kuuluvat samaan lajiin. Toisinaan puuvartisten kasvien lehdet ovat lähes kaikilla korkeuksilla aina maanpinnasta pisimpien puiden latvojen korkeuteen ilman selvää keskittymistä tiettyihin korkeuksiin. Usein metsän latvus kuvataan latvuskorkeusluokkiin, vaikka todellisuudessa lehdet muodostaisivat korkeussuuntaisen jatkumon. Keskityn tässä metsiin, joissa latvus muodostaa useita kerroksia eikä jatkumoa ole vain keinotekoisesti pätkitty kerroksiin.

Kun metsässä on yksi puulaji tai useita puulajeja, jotka kasvavat samaa vauhtia ja saavuttavat saman maksimipituuden, vai latvus olla kerroksellinen, jos ikäluokkia on useita. Muutokset kuten luonnonhäiriöt tai hakkuut voivat edesauttaa uuden puusukupolven syntymistä ja johtaa monijaksoiseen rakenteeseen. Toinen perusmekanismi kerroksellisuuteen seuraa puulajien vaihtelevista kasvunopeuksista ja maksimipituuksista. Suomessa rauduskoivun ja kuusen uudistuessa aukolle luontaisesti, kuusi jää alikasvokseksi hitaamman taimivaiheen kasvun takia, vaikka siemenet olisivatkin itäneet samana vuonna. Sekä ikäluokkiin että puulajien välistä kerroksellisuutta syntyy vain, jos puuluokkia on pari tai muutamia. Jos luokkia on kymmeniä, sulautuvat latvuserrokset jatkumoksi ja lehtiä on tasaisesti kaikilla korkeuksilla – vai onko? Tämän pohdinta vaatii teoreettisen näkökulman.

Puut edustavat kasvukunnan ääripäätä. Niiden elinkierto on äärimmäisen pitkä ja ne kasvavat koko ikänsä. Puut hyötyvät suuresta koosta. Pitkinä ne saavat lehdistänsä enemmän valoa, mutta myös siitepölynsä ja siemenensä leviämään pidemmälle. Pituudesta on kuitenkin myös haittaa. Pitkät puut kärsivät todennäköisemmin salamoiden iskuista, mutta selvästi puut hyötyvät siitä, että ne ovat niin pitkiä kuin voivat olla. Miksi puut ovat sen pituisia kuin ovat? Yksi vastaus on, että ne eivät ole ehtineet vielä kasvaa pidemmiksi. Kuitenkin puulajeilla on myös enimmäispituuksia, joita eivät vanhatkaan yksilöt ylitä. Enimmäispituudet maailman metsissä ovat usein 15–50 m. Miksi ei esimerkiksi yli kilometrin?

Tekijät, jotka haittaavat kasvua ja rajoittavat enimmäispituuksia voi ryhmitellä kuljetukseen ja toisaalta biomekaniikkaan liittyviin. Nesteet virtaavat rungossa sekä ylös– että alaspäin. Pitkä etäisyys tai ylös suuntautuneissa virtauksissa myös suuri korkeusero voivat hidastaa kasvua ja lopulta rajoittaa pituutta. Toisaalta puiden pitää pysyä pystyssä tuullessa ja painovoiman vetäessä puuta ja mahdollista lisäkuormaa kuten lumen painoa kohti maata. Trooppisilla liaaneilla on samat kuljetustarpeet kuin puilla, mutta hyvin erilainen rakenne ja biomekaaniset vaatimukset. Vaikuttaakin siltä, että tuulen voiman ja painovoiman vastustaminen on ollut keskeistä puiden evoluutiossa. Puut ovat kasvaneet sen pituisiksi kuin ovat ehtineet biomekaanisten ja energieettisten rajoitteiden puitteissa. Mitä suurempi runko, sitä enemmän sen ylläpito vaatii energiaa ilman epäjatkuvuuskohtia riippuvuudessa. Liittyykö puiden pystyssä pysymiseen ja biomekaniikkaan epäjatkuvuuskohtia, joiden takia tietyt pituudet olisivat harvinaisempia?

Scheffer ym. (2014) ihmettelivät, miksi pensas- ja puulajeja on paljon, mutta maksimipituudeltaan noin kahdeksanmetrisiä välimuotoja on vähän. Välimuotojen vähyys voi ymmärtää biomekaniikan kautta. Pensaat pystyvät taipumaan maahan saakka katkeamatta, mutta puut eivät. Puun kokoinen runko, joka voisi sekä vastustaa painovoimaa että taipumaan maahan saakka on mahdoton. Puuvartiset kasvit ovat evoluution kuluessa valinneet selkeästi joko pensas- tai puustrategian. Kuitenkin nuorina puutkin voivat taipua maahan katkeamatta. Siirtyä puustrategiaan on riskialtis ja nuoret lehtipuut Suomessa taipuvatkin usein luokille lumen painosta.

Viitteet

Scheffer M, Vergnon R, Cornelissen HC, Hantson S, Holmgren M, van Nes EH, Xu C (2014) Why trees and shrubs but rarely trubs? *Trends in Ecology & Evolution* 29: 433–434. doi.org: [10.1016/j.tree.2014.06.001](https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.06.001).

Miten vaikutamme metsien käsittelyllä niiden kerroksellisuuteen?

Kalle Vanhatalo,
Metsänhoidon suositukset, Tapio Oy,
kalle.vanhatalo@tapio.fi

Metsänhoidon suositukset ovat maa- ja metsätalousministeriön tarjoama palvelu suomalaisille metsänomistajille ja -ammattilaisille ja osa kansallisen metsästrategian 2035 toteutusta.¹⁾ Metsänhoidon suositukset ovat metsänhoidon käytännön opas ja päätöksenteon apuväline.²⁾ Niihin on koottu perusteltuja vaihtoehtoja metsien moniarvoiseen hoitoon ja käyttöön sekä tavoitteiden yhteensovittamiseen. Suositukset myös kertovat valintojen vaikutuksista.

Metsänhoidon suosituksilla tavoitellaan kansallisen metsästrategian mukaisesti kokonaiskestävyyttä ja kasvavaa hyvinvointia metsistä ja metsille. Suosituksilla kannustetaan metsänomistajia metsien monipuoliseen ja vastuulliseen hyödyntämiseen. Suositusten tarjoaman tiedon avulla he voivat tavoitella metsiensä käytön kokonaiskestävyyttä tai painottaa valitsemiaan päämääriä, kuten taloudellista tulosta, luonnon monimuotoisuutta, virkistyskäyttöä ja ilmastonmuutoksen hillintää. Suositusten laadinnassa näkökulmana on metsänomistaja ja hänen tavoitteensa. Metsänomistajan näkökulmasta suosituksilla tavoitellaan onnistuneita ratkaisuja, jotka johtavat omien arvostusten mukaiseen lopputulokseen; hyvinvointia tuottavaan metsään.

Metsänhoidossa tehdyt valinnat – kuten kasvatustavat (jaksollinen, erikäisrakenteinen), metsänhoito-toimenpiteet, hakkuut sekä käsittelyalueiden rajaukset – ohjaavat metsätilan puuston rakenteen kehitystä pitkäjänteisesti vuosikymmeniä eteenpäin. Esimerkiksi metsän uudistamisvaiheessa tehdyt ratkaisut ja työn laatu näkyvät metsässä koko kiertoajan. Jokainen päätös vaikuttaa siihen, mihin suuntaan metsikön puuston rakenne kehittyy. Hakkuut ja raivaustyöt muuttavat puuston ja pensaskerroksen rakennetta välittömästi, kun puita poistetaan ja kasvatettavat puut valitaan. Toimenpiteet myös muuttavat metsikön puuston kasvua kohdistuen sen kasvamaan jätettyihin puihin. Toimenpiteillä on myös vaikutusta puuston kykyyn sietää erilaisia luonnon häiriöitä, tuhoeläimiä ja kasvitauteja. Metsän kuvasta on aina jossain määrin luettavissa sen käsittelyhistoria.

Metsänhoidossa metsää voidaan tarkastella sen eri kerroksien perusteella. Perinteisessä luokittelussa metsäekosysteemi jaetaan kasvillisuuskerroksiin, jotka sijaitsevat eri korkeuksilla maaperästä. Näistä tärkeimmät ovat 1. maanpinnan pohjakerros, 2. kenttäkerros, 3. pensaskerros ja 4. puustokerros. Eri kerrokset tarjoavat erilaisia elinympäristöjä eri lajille. Puustokerros voidaan lisäksi jaotella puuston eri latvuserroksiin. Kussakin näistä kerroksista puut ovat asemaltaan ja suhteelliselta pituudeltaan samankaltaisia. Latvuserrokset ovat ylimmästä alimpaan päävaltapuut, lisävaltapuut, välipuut ja aluspuut. Päävaltapuut ja lisävaltapuut muodostavat yhdessä vallitsevan latvuserroksen. Lisäksi metsätaloudessa käytetään termiä alikasvos kuvaamaan vallitsevan puujakson alla kasvavaa, kehitysluokaltaan taimikkoa olevaa puustoa ja pensaikkkoa.

Metsänomistajan tekemät metsän- ja luonnonhoidon valinnat ohjaavat metsien kasvillisuuskerroksien kehitystä. Puuntuotannossa suurin huomio kiinnittyy puuston latvuserroksiin. Esimerkiksi harvennuksissa tehdään valintoja, joiden seurauksena puuston rakenne joko tasoittuu tai monipuolistuu. Metsän kenttä- ja pensaskerroksen monipuolisuuden säilyttäminen edellyttävät, ettei raivaustöitä, kuten taimikonhoitoa ja ennakko-raivauksia, tehdä liian tarkkaan metsää siistien. ”Hallittu hoitamattomuus” sekä tiheiköiden säästäminen luonnonhoitona edistää metsäluonnolle tärkeän pensaskerroksen elinvoimaa. Metsän pohjakerroksen kasvillisuuden rakenteeseen vaikutetaan metsän kasvatustavan valinnoilla ja hakkuilla sekä mahdollisilla maanmuokkauksilla, kulotuksilla, ojituksilla sekä lannoituksilla. Tilatasolla metsätilan rakenteeseen vaikutetaan myös sillä, missä määrin metsää jätetään kokonaan käsittelyn ulkopuolelle kehittymään kohti luonnontilaa. Nykyiset suositukset kannustavat luomaan vaihtelua metsiköiden sisälle ja välille. Vaihtelua saadaan aikaan pienipiirteisillä luonnonhoidon ratkaisuilla sekä käyttämällä metsikkötasolla erilaisia metsänkasvatusratkaisuja.

Viitteet

Suosituksien osana informaatio-ohjausta: <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsatalouden-kestavyys/metsanhoitosuosituks>

Suosituksien verkkosivusto: www.metsanhoidonsuosituks.fi

Sekametsien kerroksellisuus: Yksi- ja kaksijaksoinen kasvatus

Lauri Männistö

Luonnonvarakeskus. Latokartannonkaari 9, 00790 Helsinki.

lauri.mannisto@luke.fi

Suomen metsät ovat puulajikirjoltaan verrattain yksipuolisia ja havupuuvaltaisia (Korhonen et al., 2024). Vähäinen puulajikirjo heikentää kuitenkin metsien biodiversiteettiä ja altistaa metsät ilmastomuutoksen myötä lisääntyville tuhoille ja epävarmuuksille (Felton et al., 2016). Metsänviljelyssä käytettyjen puulajin kirjon monipuolistaminen onkin tunnistettu yhdeksi työkaluksi ilmastomuutokseen valmistutumisessa (Ruotsalainen et al., 2016). Lajikirjoa voidaan lisätä joko kasvattamalla puulajeja erikseen omina kuvioina, tai vaihtoehtoisesti sekametsinä. Sekametsien kasvatus mahdollistaa laajemman ekosysteemipalvelujen kirjon verrattuna monokulttuureihin aina paremmasta tuhonkestosta, suurempiin virkistysarvoihin ja maaperää parantaviin vaikutuksiin.

Sekametsiä kasvatessa puulajien erot kasvudynamiikassa korostuvat (Seppänen, 1998). Valopuulajit ovat tyypillisesti nuorena nopeakasvuisia, mutta kasvunopeus hidastuu jo melko varhain (Varmola, 1996). Puolestaan varjostusta kestäväillä puulajeilla varhaiskehitys voi olla hitaampaa (Mielikäinen & Valkonen, 1995). Puulajivalinnalla ja metsänhoidollisilla toimenpiteillä voidaan tavoitteista riippuen joko edesauttaa tai estää metsään eri puulajien välisten kerroksien syntyminen. Kaksijaksoisuudella voidaan esimerkiksi parantaa puuston laatua tai ylempi jakso voi suojata alemmaa jaksoa (Kiuru, 2008; Mielikäinen & Valkonen, 1995). Toisaalta kaksijaksoinen sekametsä on usein sekametsä vain osan kiertoajasta, jolloin osa sekametsien eduista jää saavuttamatta. Esityksessä tarkastellaan erilaisia sekametsävaihtoehtoja sekä niiden vaikutusta metsän kerroksellisuuteen.

Viitteet

- Felton A, Nilsson U, Sonesson J, Felton A. M, Roberge J.-M., Ranius T, Ahlström M., Bergh J, Björkman C, Boberg J, Drössler L, Fahlvik N, Gong P, Holmström E, Keskitalo E. C, Klapwijk M. J, Laudon H, Lundmark T, Niklasson M, Wallertz K (2016). Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. *Ambio*, 45(2), Article 2. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0749-2>
- Kiuru H (2008). Jalopuumetsät—Perustaminen ja hoito. Metsäkustannus, Helsinki.
- Korhonen, K., Rätty, M., Haakana H, Heikkinen J, Hotanen J.-P., Kuronen M, Pitkänen J (2024). Forests of Finland 2019–2023 and their development 1921–2023. *Silva Fennica*, 58(5). <https://doi.org/10.14214/sf.24045>
- Mielikäinen K, Valkonen S (1995). Kaksijaksoisen kuusi-koivu-sekametsikön kasvu. *Metsätieteen Aikakauskirja*, 1995(2), Article 2. <https://doi.org/10.14214/ma.5948>
- Ruotsalainen S, Himanen K, Viherä-Aarnio A, Aarnio L, Haapanen M, Luoranen J, Matala J, Riikonen J, Uotila K., Ylioja T (2022) Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä: Synteesiraportti. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551684>
- Seppänen P (1998) Sekametsät kasvu- ja tuotostutkimuksen kohteena. *Metsätieteen Aikakauskirja*, 1998(4). <https://doi.org/10.14214/ma.5998>
- Varmola M (1996) Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja*, 585.

Metsänkäsittelyn vaikutukset kaksijaksoisten metsien kasvuun ja puunkorjuuseen — Kasvatus- ja korjuukokeiden tuloksia

Pentti Niemistö, vieraileva tutkija

Luonnonvarakeskus Seinäjoki

pentti.niemisto56@gmail.com

Koivikon tiheys ei juurikaan vaikuttanut alikasvoksen pituuskehitykseen alle 2 m pituusvaiheessa (Niemistö & Poutiainen 2004, Lehto 2018, Saarinen, Niemistö & Ahtikoski 2023). Vallitsevat kuuset (600 suurinta/ha) saavuttivat 20 vuoden rinnankorkeusialalla keskimäärin 8 m pituuden ja 9,5 cm läpimitan harvennetussa hiekoivikossa. Harvennus vaikutti enemmän läpimittaan kuin pituuteen. Tiheän koivikon alla kuuset olivat 0,5 m lyhyempiä ja 1,3 cm ohuempia. Kasvun taantumista ei havaittu neljän metrin keskipituudessa vapautetuissa kuusikoissa, jotka saavuttivat 20 vuodessa 14,5 m keskipituuden ja 13 cm keskiläpimitan. Vapautuksen myöhentäminen vuosikymmenellä 8 m pituusvaiheeseen aiheutti aluksi lievän taantumien pituuskehityksessä, mutta ero aiemmin vapautettuihin alkoi kuroutua siten, että pysyvä pituusero näyttäisi olevan noin 0.7 m. Kuusten keskiläpimittaa vapautuksen myöhentäminen pienensi keskimäärin 0.4 cm. Jo 5 vuoden kuluttua vapautuksesta kuusten kasvu vastasi avoalalle syntyneiden samankokoisten kuusten kasvua. Koivikon tiheys ennen vapautusta ei vaikuttanut oleellisesti kuusten kasvuun vapautuksen jälkeen, mutta tiheän koivikon alta vapautetut kuuset ovat solakoita ja siten alttiita lumituhoille.

Edullisinta on, jos luontaiset alikasvoskuuset ovat noin metrin mittaisia hieskoivikon ensiharvennuksessa ja koivikko harvennetaan tiheyteen 1000 kpl/ha. Kuuset vapautetaan joustavasti 10–20 v aikaväillä. Tällöin kannattavuus on Motti-simulointien perusteella ylivoimainen verrattuna pelkän koivikon kasvatukseen ja avohakkuuta seuraavaan onnistuneeseen kuusenviljelyyn verrattuna. Haluttaessa kuusi voidaan myös istuttaa ensiharvennuksen jälkeen koivun alle muokkaamattomaan maahan (elossa säilyminen 70–90 %), jolloin kannattavuus vastaa em. avohakkuuta ja kuusenviljelyä. Halla- ym. taimituhojen riski on verraten suuri turvemaiden kuusenviljelyssä, mikä puoltaa kaksijaksokasvatusta. Etelä-Suomen viljavimmilla turvemaiden tukkilaatuinen hiespuusto kannattaa harventaa toisen kerran kuusia varoen.

Kivennäismaiden rauduskoivikot ovat myös otollisia kuusialikasvoksille (Saari 2002, Niemistö, Korpunen & Nuutinen 2024). Lammilla sijaitsevan koivukokeen ensiharvennuksessa jätetyn noin metrin korkuisen kuusialikasvoksen (1700 kpl/ha) aritmeettinen keskipituus oli 30 vuoden kuluttua 11 m ja keskiläpimitta 9,5 cm. Äänekoskella koivikon ensiharvennuksen jälkeen syntyneen alikasvoksen (1400 kpl/ha) pituus oli vastaavasti 7 m ja läpimitta 5,5 cm. Harventamattomassa koivikossa kuuset olivat lyhyempiä ja etenkin ohuempia. Erittäin voimakkaasti harvennetussa koivikossa kuuset olivat vastaavasti hieman pitempiä ja selvästi paksumpia ja kuusikko kehittyi tasakokoisempana. Kuusten vapautus näin kookkaina onnistui hakkuukoneella sinänsä hyvin, mutta altisti kuusikon lumi- ja tuulituhoille.

Kuusialikasvoksen kasvatus männikön alla edellyttää männikön toistuvaa tai voimakasta harventamista (Niemistö & Valkonen 2021, Niemistö 2022). Kuusten läpimitan kasvu lisääntyi männikön harvennuksen jälkeen nopeammin ja voimakkaammin kuin pituuskasvu, joka reagoi viiden vuoden viiveellä. Voimakkaasti, 33 % harvennusmallin alapuolelle harvennetussa männikössä alikasvoskuusten pituuskasvu vastasi elpymisen jälkeen samankokoisten avoalan kuusten kasvua, mutta suositustiheydessä alikasvoksen kasvu oli hitaampaa ja hiipui jo 10–15 vuoden jaksolla, ellei männikköä harvennettu uudelleen. Viljavilla mailla valokilpailu lienee kasvun avaintekijä, ei niinkään juuristokilpailu. Tästä syystä tiheän kuusialikasvoksen harventaminen ei hyödyttänyt vallitsevien taimien (600 suurinta/ha) kasvua eikä myöskään ylemmän mäntyjakson kasvua. Kuusialikasvoksen raivaaminen ei parantanut männikön kasvua nuorena tai keski-ikäisenä, vaan vasta yli 60-vuotiaassa puustossa, 25 vuotta raivauksen jälkeen. Alikasvostaimikon tiheydestä kärsivät lähinnä pienemmät kuuset, joten alikasvosta hyödynnettäessä sen harventamisen kannattavuuden ja ajankohdan ratkaisevat lähinnä puunkorjuun edut ja taimikonhoidon kustannukset.

Typpilannoituksen vaikutus kesti 10 vuotta ja paransi molempien jaksojen kasvua, alikasvoksen kasvua suhteellisesti enemmän. Lannoituksesta hyötyivät eniten vallitsevien kuusentaimien pituuskasvu ja suurimpien mäntyjen tilavuuskasvu. Tästä syystä lannoitus voi lisätä puuston erirakenteisuutta pyrittäessä jatkuvapuiteiseen kasvatukseen. Alikasvoksen hyödyntämisessä lannoitus ei korvaa harvennusta, vaan päinvastoin nopeuttaa harvennustarvetta, kun männikön aiheuttama kilpailu lisääntyy puustopääoman ja latvuston kasvaessa. Edullisimmalta näyttää lannoitus noin viisi vuotta suhteellisen voimakkaan harvennuksen jälkeen. Harvennuksen ja lannoituksen toistaminen noin 10 vuoden välein pitää yllä hyvälle tasolle kohonnutta kasvua molemmissa puujaksoissa ja parantaa erityisesti vallitsevien kuusentaimien pituuskasvua.

Noin 3-4 metrisen alikasvoksen varominen hoidetussa hieskoivikossa (600/ha) alensi hakkuun tuottavuutta 6-9 % ja harventamattomassa (1400/ha) 11-17 % verrattuna avohakkuuseen, jossa alikasvosta ei varottu (Niemistö, Korpunen, Laurén, Salomäki & Uusitalo 2012). Mikäli alikasvosta ei avohakkuussa esiintynyt oli em. ero lähes kaksinkertainen. Alikasvoksen varominen hidasti myös kuormausta 7-14 %, koska kourakasat olivat pieniä ja molemmiin puolin ajouraa. Kuusia varottaessa alkuperäisistä alikasvoskuusista (2000 /ha) säilyi vaurioitumatta hoidetussa koivikossa 1450/ha ja tiheässä vastaavasti 1000 kpl/ha.

Kookkaan 8-11 metrisen alikasvoksen varominen rauduskoivikossa (Niemistö, Korpunen & Nuutinen 2024) alensi hakkuun tuottavuutta 26 % vapautushakkuussa verrattuna avohakkuuseen, jota vähäinen alikasvos ei haitannut. Ylemmän koivujakson väljennyslakkuun tuottavuus oli vastaavasti noin 50% alempi verrattuna avohakkuuseen. Kun koivikon hakkuukertymä kohosi sadasta kuutiosta kolmeensataan/ha, laski vaurioitumattomien kuusten osuus 65 prosentista 50 prosenttiin. Luvut sisältävät myös ajourilta tuhoutuneet kuuset. Talvihakkuussa tyypillisempiä olivat latvavauriot ja kesähakkuussa kuorivauriot. Edullisimpana lämpötilana pidetään pikkupakkasta välillä -1 ja -6 C.

Mäntykokeissa hakattiin valmiita ajouria käyttäen hakkuukoneen ulottuvilla olevat kaistaleet (Hurskainen 2019, Niemistö & Bianchi 2025). Alikasvoksen vapautushakkuun tuottavuus oli 20 % alempi kuin avohakkuussa, jossa alikasvosta ei ollut. Mäntikön väljennyksen tuottavuus kuusia varoen oli puolestaan noin 14 % vapautushakkuuta alempi. Vapautushakkuussa ehjänä säilyneen alikasvoksen osuus oli 77 % ajourien välisen alueen kuusista ja väljennyksessä ehjien osuus oli 85 %. Hakkuukertymän ollessa 80 m³/ha oli ehjien osuus 89 %, mutta 180 kuution kertymällä ehjiä oli 74 %. Lämpötilaltaan yli 20 cm:n mäännyt aiheuttivat selvästi enemmän tuhoja alikasvokselle kuin pienemmät. Alle 5 m pituiset taimet tuhoutuivat useammin kuin suuremmat, mutta lievemmat vauriot olivat yleisempiä isommilla kuusilla.

Aikatutkimusten tulosten perusteella vapautushakkuu alikasvoskuusia varoen voidaan tehdä karkeasti varttuneen metsän normiharvennuksen taksoilla ja väljennyslakkuu kuusia varoen puolestaan normaalin ensiharvennuksen taksoilla.

Viitteet

- Lehto J (2018) Alikasvoskuusen kehitys hieskoivikossa viljavalla turvemaalla. Opinnäyte SeAMK (42 s): <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018121120989>.
- Niemistö P, Poutiainen E (2004) Hieskoivikon käsittelyn vaikutus kuusialikasvoksen kehitykseen Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan viljavilla ojitusalueilla. Metsätieteen aikakauskirja 4,441–459. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff04/ff044441.pdf>
- Ahtikoski A, Haikarainen S, Hökkä H, Juutinen A, Niemistö P, Ojanen P, Repola J, Saarinen M, Sarkkola S, Siipilehto J, Stenberg S (2023) Loppuraportti 2023: Turvemaiden kestävä metsänhoidon talouspaketti: Osio 3. Ahtikoski A, Niemistö P, Saarinen M. Viljavan turvemaan luontaisen uudistamisen ja viljelyn vaihtoehdot kuuselle – puuntuotos ja kannattavuus. Luonnonvarakeskus, Luke.
- Saari J (2002) Rauduskoivikon harvennusvoimakkuuden vaikutus kuusialikasvoksen pituuskasvuun Lammilla [The effect of thinning on height increment of spruce as an understory of planted Silver birch stand in Lamm]. Opinnäytetyö Hämeen ammattikorkeakoulu, 35 p. HAMK:n kirjasto, Evo.
- Niemistö P, Korpunen H, Nuutinen Y (2024) Harvesting efficiency and understory damage with different cutting methods on two storied stands of silver birch and Norway spruce. <https://doi.org/10.14214/sf.23065>
- Niemistö P, Valkonen S (2021) Growth response to thinning in two-storied mixed stands of Scots pine and Norway spruce. Scandinavian Journal of Forest Research, 36(6), 448–459. <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1961017>
- Niemistö P (2022) Typpilannoituksen ja harventamisen kasvuvaikutukset kaksijaksoisessa mäntykuusisekametsässä. Metsätieteen aikakauskirja 2022-10774. Research article. 26 p. <https://doi.org/10.14214/ma.10774>
- Niemistö P, Korpunen H, Laurén A, Salomäki M, Uusitalo J (2012) Impact and productivity of harvesting while retaining young understorey spruces in final cutting of downy birch. Silva Fenn 46(1): 81-97. <https://doi.org/10.14214/sf.67>
- Hurskainen L (2019) Alikasvoskuusien vaurioituminen ylemmän mäntyjakson hakkuissa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu Metsätalous. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019121226378>
- Niemistö P, Bianchi S (2025) Tree-level time consumption and cutting efficiency with different cutting methods in two storied stands of Scots pine and Norway spruce. Käsikirjoitus.

Kerroksellisuutta rantapuustoihin

Pekka Kauppi

Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto

pekka.kauppi@helsinki.fi

Järvien, jokien ja purojen rantapuusto kuormittaa vesistöjä, kun lehtien, neulasten ja oksien karike luovuttaa orgaanista ainesta veteen. Keskimääräiseksi vuotuiseksi karikesadoksi on arvioitu $0,103 \text{ kg m}^{-2} \text{ v}^{-1}$ mäntyvaltaisissa metsissä sekä $0,147$ ja $0,146 \text{ kg m}^{-2} \text{ v}^{-1}$ kuusi- ja koivuvaltaisissa metsissä¹. Kariketta muodostuu enemmän suurista kuin pienistä puista ja enemmän rehevän kuin karun kasvupaikan metsistä. Rantapuiden karike joutuu suoraan veteen ja ilmenee veden tummumisena. Karikekuormitus näkyy lehtilauttoina veden pinnalla lokakuun jälkipuoliskolla.

Suomen järvien rantaviivan kokonaispituudeksi on arvioitu $214\,896 \text{ km}$. Siitä on mannerrantaa $171\,506 \text{ km}$ ja saarten rantaa $39\,443 \text{ km}$. Jokien uomarekisterin mukaan yli 20 metrin levyistä uomaa on peruskartoilla $14\,552 \text{ km}$ ja $5\text{--}20$ -metristä $22\,039 \text{ km}$ (Kuusisto 2022²). Kun virtavesissä tunnetusti on kaksi rantaa, Suomen sisävesissä on rantaviivaa arviolta $290\,000$ kilometriä, mikä vastaa seitsemää kierrosta maapallon ympäri. Kymmenen metrin vyöhykkeellä vedestä lieenee noin $150\,000$ hehtaaria metsää, jos rantojen metsäisyydeksi arvioidaan 50 prosenttia.

Rannoillamme on historiallisesti ollut niukasti puustoa Ruotsin ja Venäjän vallan aikaan. Perhekunnat asuivat keskitetysti rantojen äärellä ja tarvitsivat puuta päivittäin. Puuta noudettiin kaukaakin, rekikelillä jäätä pitkin ja kesäisin veneellä tai uittamalla. Puu oli rannoilta helpoiten saatavissa. Rantaviivalla ei ole satoihin vuosiin ollut sellaisia vankkoja puustoja kuin nykyisin.

Metsäsertifiointi suorastaan kieltää rantapuustojen hakkuun. Tätä linjausta on uusimman tutkimustiedon perusteella syytä kyseenalaistaa. Tässä esitelmässä arvioin rantojen metsänhoitoa ympäristönsuojelun näkökulmasta.

Metsän kerroksellisuus pituuskilpailun ja pituus/läpimittakäyrän näkökulmasta

Juha Lappi

Norjan Maatalousyliopisto

Juha.Lappi.sjk@gmail.com

Metsien kerroksellisuus voidaan parhaiten ymmärtää tarkastelemalla puiden pituuksia pituuskilpailun näkökulmasta. Pituuskilpailun vaikutukset voidaan kuvata pituus/läpimittakäyrien avulla. Kutsun näitä käyriä pituuskäyriksi. Kerroksellisuuden tarkasteleminen pelkästään puiden pituuksien avulla antaa puutteellisen kuvan metsikön pituuskilpailusta ja kehitysmahdollisuuksista. Esitykseni lähtökohtana on valmisteilla oleva runkokäyrämallini, jossa ennustetaan suhteellisten läpimittojen korkeutta sekä rungon läpimitan että metsikön keskiläpimitan funktiona. Malli voidaan tulkita pituuskäyrän vierittämisenä alaspäin, kun rungon pisteen läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan suhde kasvaa nolasta yhteen.

Pituuskilpailun vuoksi puut ovat homogeenisessa metsikössä lähes yhtä pitkiä, vaikka niiden läpimitat ovat erilaiset. Metsikön keskiläpimitta selittää yksittäisen puun pituutta paremmin kuin rungon oma läpimitta. Pituuskäyrä metsikössä on alaspäin aukeavan paraabelin muotoinen, joka on laakeampi kuin populaation pituuskäyrä. Paraabelin vasemman haaran puut käyvät eloonjäämiskamppailua yrittäen pärjätä pituuskilpailussa pystyssä pysyen.

Metsän kerroksellisuudessa on kaksi komponenttia: noudattavatko eri ositteet eri pituusläpimittakäyriä ja mikä on pituuksien vaihtelu käyrän ympärillä. Metsikkö on sitä kerrostuneempi mitä useampi pituuskäyrä tarvitaan metsikön kuvaamiseen ja mitä vähemmän käyrien ympärillä on vaihtelua. On luontevaa olettaa, että eri puulajeilla on metsikössä eri pituuskäyrät, vaikka ne olisivatkin hetkellisesti lähellä toisiaan. Epähomogeenisessa metsikössä on makuasia, nähdäänkö metsikön eri osissa eri pituuskäyriä, joiden ympärillä on pientä vaihtelua vai koko metsikössä kullekin puulajille yksi pituuskäyrä, jonka ympärillä on paljon spatiaalisesti korreloitua vaihtelua.

Ennustettaessa metsikön kehitystä ennustetaan joko suoraan tai implisiittisesti pituuskäyrien kehitystä ajan yli. Läpimitan ja pituuden kasvumallien loogisuutta on syytä testata katsomalla millaiseen pituuskäyrien kehitykseen ne johtavat. Pituuskäyrien loogisuus ei edellytä, että jollekin läpimitalle ennustetaan myöhemmin suurempi pituus (Lappi 1997). Eri ajankohtien pituuskäyrät leikkaavat usein.

Eri-ikäisrakenteisen metsikön kehitystä ennustettaessa joudutaan ottamaan kantaa riippuvatko pituuskäyrät myös iästä, kun pituus ja läpimitta on annettuna. Iän mukanaolo mutkistaa sekä mallien estimointia että soveltamista kasvatuksen optimointiin.

Jos metsien kerroksellisuuteen halutaan vaikuttaa hakkuiden avulla, optimaalisia hakkuita ei voi määritellä pelkästään pituuden tai pelkästään läpimitan avulla, sillä tuleva kasvu ja pituuskilpailu riippuvat molemmista. Puun tuleva kasvupotentiaali riippuu olennaisesti puun latvuksesta, mutta latvuksen mittaaminen on hankalampaa kuin pituuden ja läpimitan.

Viitteet

Lappi J (1997) A longitudinal analysis of height/diameter curves. *Forest Science* 43(4):555-570.

Uusi jatkuvan kasvatuksen koealaverkosto perustettu

Jussi Heinonsalo

Metsätieteen osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto, Helsinki

jussi.heinonsalo@helsinki.fi

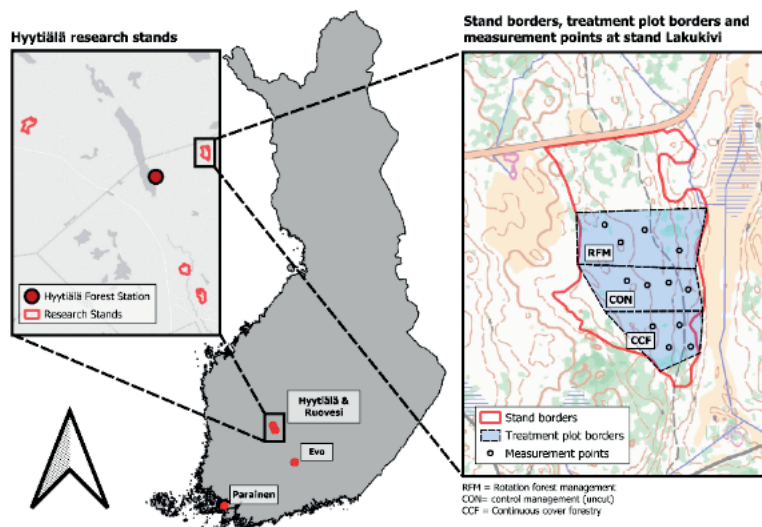
Jatkuvan kasvatuksen metsätalouden (myös eri-ikäisrakenteinen metsätalous tai englanniksi uneven-age tai continuous cover forestry) käyttö sallittiin virallisesti metsälain uudistuksen jälkeen vuonna 2014. Metsänomistajat osoittavat kasvavaa kiinnostusta jatkuvaa kasvatusta kohtaan, vaikka menetelmän osuus vuosittaisista hakkuista onkin vielä pieni. Vuonna 2020 poiminta- ja pienaukkohakkuiden osuus oli metsänkäyttöilmoitusten mukaan keskimäärin 2.7% (Metsäkeskus 2020). Maanomistajat tarvitsevatkin puolueetonta tietoa erilaisten hoitokäytäntöjen seurauksista ja riskeistä uskaltaakseen siirtyä totutusta tasaikäisrakenteisesta eri-ikäisrakenteiseen metsätalouteen (Haltia et al. 2017 PTT Reports 255). Aiemmista tutkimuksista huolimatta monista jatkuvaan kasvatukseen liittyvistä näkökohdista on tiedon puutetta.

Miten alueet uudistuvat? Taloudelliset mallit perustuvat oletuksiin uudistamisen onnistumisesta. Miten 'valopuu' mäntyä uudistetaan tehokkaimmin eri-ikäisrakenteisessa metsätaloudessa? Miten jatkuva kasvatus vaikuttaa maaperään sekä ravinne- ja DOC-hävikkiin, entä luonnon monimuotoisuuteen tai kasvitauteihin ja häiriöriskeihin?

Hankkeessa perustettiin uusi jatkuvan kasvatuksen koealojen verkosto. Perustaminen aloitettiin vuonna 2023 ja vuoden 2025 syksyllä koealoja on valmiina 18 kpl, jotka kaikki sijaitsevat kivennäismailla. Koealoja perustetaan parasta aikaa myös turvemaille. Kukin koeala koostuu alun perin kasvupaikaltaan ja puustoltaan samanlaisesta, vähintään 3 ha:n metsäalasta, joka jaettiin kolmeen vähintään hehtaarin käsittelyyn: jatkuva kasvatus (eri-ikäisrakenteinen), tasaikäisrakenteinen sekä käsittelemätön kontrolli. Hanketta johtaa

Helsingin yliopiston Metsätieteiden osasto, yhteistyökumppaneina verkostossa on mukana Hämeen Ammattikorkeakoulu HAMK sekä Elävä Itämeri säätiö BSAG.

Esityksessä käydään läpi koealaverkoston kohteet, tehdyt alkumittaukset ja käynnissä olevat tutkimukset sekä esitellään Forest Observatory-alusta.



Kuva 1. Esimerkki Jatkuvan kasvatuksen koealaverkoston yhdestä koealasta. Kuva Otto Saikkonen.

Viitteet

Haltia E, Rämö A-K, Pynnönen S, Valonen M, Horne P (2017) Miksi metsien taloudellisia mahdollisuuksia jätetään käyttämättä? – Metsänomistajien aktiivisuus ja siihen vaikuttaminen. PTT raportteja 255

Metsäkeskus (2020) Jatkuvan kasvatuksen hakkuut ovat hieman lisääntyneet

<https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/jatkuvan-kasvatuksen-hakkuut-ovat-hieman-lisaantyneet>.

Mitä uudistava kestävyys voisi olla suomalaisessa metsien käytön kontekstissa?

Panu Halme^{1,2,3}, Jani Hohti^{1,2}, Claudia Kovács⁴, Paloma Hannonen³, Anna Härri⁴, Martta Nieminen⁴, Johanna Haapala³, Sari Kuvaja⁵

¹Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylä; ²Jyväskylän yliopisto, JYU.Wisdom Resurssiviisausyhteisö, Jyväskylä; ³Luontoa Oy, Helsinki, ⁴Aalto-yliopisto, Johtamisen laitos, Espoo, ⁵Third Rock Finland Oy

panu.halme@jyu.fi

Luontokadon ja ilmastonmuutoksen taustasyiksi voidaan nähdä ihmiskeskeisen, reduktionistisen ja kestävyysongelmien juurisyyt ohittavan perinteisen kestävyysajattelun kyvyttömyys ratkaista kestävyyskriisi. Perinteisten kestävyystoimien sijaan ympäristöongelmien ratkaisuksi on esitetty yhteiskunnan läpileikkaavia systeemitason muutoksia ihmisten toiminta- ja ajattelutavoissa sekä niitä ohjaavissa rakenteissa, kuten luontokatoa aiheuttavissa liike-elämän toiminnoissa. Vastauksena edellä kuvattuihin haasteisiin maailmalla on yleistynyt kestävyysongelmien juurisyihin pureutuva, systeemiseen ajatteluun nojautuva uudistavan kestävyuden mukainen toiminta, joka nostaa merkittävästi kestävyystavoitteiden kunnianhimoa. Uudistavan kestävyuden käsite on nostettu osaksi yritysten ympäristölupauksia Suomessakin. Uuden, vakiintumattoman termin käyttöön liittyy kuitenkin haasteita. Esimerkiksi kuluttajien ja yritystoimijoiden voi olla vaikea hahmottaa termiin liitettyjä ympäristölupauksia.

Hankkeemme edesauttaa näiden haasteiden ratkaisemista määrittämällä tieteelliseen kirjallisuuteen nojaavat uudistavan kestävyuden periaatteet sekä ehdottamalla keinoja näiden periaatteiden soveltamiseksi suomalaisen metsien käytön viitekehyksessä. Ehdotamme myös määritelmää uudistavaksi metsien käytöksi. Määrittelytyömme perustuu kirjallisuuskatsaukseen sekä tutkijatyöskentelyyn määritelmän kehittämiseksi. Työn perusteella tunnistimme uudistavan metsien käytön tavoitteeksi jatkuvan sosio-ekologisen systeemin tilaa parantavan dynamiikan käynnistämisen. Katsoimme tavoitteen saavuttamisen edellyttävän neljää yleisen tason metaperiaatetta: Maailmankuvan muutos, luonto toimijana ja oppaana, oppiminen ja muutoskyky sekä paikan/yhteisön ymmärrys ja kunnioitus, sekä niihin kuuluvien yhdentoista alemman tason periaatteen huomioimista. Käsitlemme myös uudistavan kestävyuden soveltamisen tila- ja aikamittakaavoja uudistavan metsien käytön viitekehyksessä sekä esittelemme esimerkinomaisesti uudistavan metsien käytön soveltamisen mahdollisia mittareita. Uudistavan kestävyuden tavoitteiden saavuttaminen on varmasti vaikeaa, mutta voisi olla merkittävässä roolissa metsien käytön kestävyuden parantamisessa.

Kommentit kertovat päivälehdien lukijoiden metsäsuhteista

MMT Anneli Jalkanen, Espoo
anneli.jalkanen@gmail.com

Yleismedioista muun muassa Helsingin Sanomat, YLE ja iltapäivälehdet ovat avanneet osassa aineistoistaan mahdollisuuden yleisön kommentointiin. Kommentteja tarkasteltiin Metsämiesten Säätiön rahoittamassa hankkeessa "Metsädialogia asiapohjalta" Helsingin Sanomien metsää, ilmastonmuutosta ja monimuotoisuutta (luontokatoa) käsittelevissä 50:ssä uutisartikkelissa tai mielipidekirjoituksessa keväällä 2025. Oletuksena oli (1) että kirjoituksiin tulleista yleisön kommenteista löytyy harhaanjohtavia väitteitä ja väärinymmärryksiä ja (2) että keskustelu painottuu enemmän ympäristökysymyksiin ja metsätalouden näkökulma jää vähemmälle huomiolle.

Paljon keskustelua herättäneistä teemoista mukaan valikoituivat: luontokato ja Punainen kirja; metsien hiilinielut ja kasvihuonekaasujen raportointi; jatkuva kasvatus; metsätalouden vesistövaikutukset; metsätalouden talousvaikutukset; Savotta-televisiosarja; hömötiäinen luontokadon esimerkkilajina. Artikkeleista poimittiin esimerkkejä kommenteista ja kiistanalaisille väitteille laadittiin lyhyitä oikaisuja. Jokaisesta teemasta kirjoitettiin myös pitempi pohdinta tämänhetkisen tutkimuksen ja käytännön tiedon pohjalta. Oikaisuja, keskusteluista ja pohdintoista laadittiin raportti, ja tuloksia julkaistaan myös yleisön nähtäville ja kommentoitaviksi.

Metsäisistä teemoista uutisointi on Helsingin Sanomien saamien kommenttien perusteella kansalaisten mielissä usein hämmentävää. Keskustelu painottui lehden toimitettujen artikkelien mukaisesti ilmastonmuutokseen ja luontokatoon. Lukijoiden kommenteissa tulivat esiin myös metsänhoidolliset näkökohdat sekä hakkuiden hyödylliset työllisyys- ja talousvaikutukset.

Kommenteista näkyvät keskustelijoiden erilaiset metsäsuhteet. Osa keskustelijoista arvostaa metsien hyödyistä ja ekosysteemipalveluista enemmän ekologista puolta (monimuotoisuutta ja hiilinielua), osa sosiaalista (mm. virkistysmahdollisuudet ja työllisyys) ja osa taloudellista puolta kuten metsätuloja. Metsän hakkaamatta ja hoitamatta jättämisen saatetaan nähdä myönteisenä ja avohakkuut vältettävänä. Metsätalouden ympäristövaikutuksia pidetään osin alkutuotannon ongelmana, sivuuttaen oma rooli tuotteiden kuluttajana. Joillakin lukijoilla on epäluottamusta "metsätaloustoimijoita" ja heidän viestintäänsä kohtaan.

Yleislehden lukijalta voi puuttua omakohtainen kosketuspinta metsään, jolloin metsätaloutta koskevat käsitykset saattavat muotoutua lehtien uutisoinnin tai keskustelun pohjalta. Metsätalouden toimenpiteistä tiedetään ojitukset haitallisiksi, mutta ei tiedetä kuinka suuren osuuden metsätalous aiheuttaa kaikista vesistöpäästöistä. Metsien hiilinielulaskelmien taustalla olevaa kasvihuonekaasujen raportointia ei yleisesti tunneta. Metsäsertifiointijärjestelmistä ei tiedetä, että ne ohjaavat monimuotoisuuden lisäämiseen ja vesistövaikutusten vähentämiseen. Lisää tietoa kaivataan myös metsien kasvuun ja hiilinieluihin vaikuttavista tekijöistä.

Keskustelua haittaavat muun muassa tutkimuksen ja käytännön tiedon puute, väärinymmärrykset, juuttuminen väittelyyn yksityiskohdista, suhteutuksen puute ja yksipuolinen aiheen käsittely. Hyödyllisiä olisivat asioiden suuruusluokkia havainnollistavat ja suhteuttavat laskelmat. Vuoropuhelun tuloksena on parhaassa tapauksessa todennetun tiedon leviäminen ja sen vaikuttavuuden paraneminen. Keskustelut varmasti vaikuttavat jotenkin niitä seuraaviin ja kommentointiin osallistuviin, mutta on vaikea sanoa kapenevatko vai laajenevatko näkökulmat.

Tieteellinen ja käytännön kokemustieto ei ole koskaan valmis, vaan ajassa muuttuva. Epävarmoja tietoja joudutaan käyttämään päätösten pohjana. Lukijoiden olisi saatava asioista riittävän monipuolinen kokonaiskuva, vaikka yksittäiseen kirjoitukseen ei mahdukaan kaikkia eri näkökulmia. Vasta kun tosiasioista on päästy jonkinlaiseen yksimielisyyteen, keskusteluun voidaan lisätä arvot ja tehdä päätöksiä. Jos artikkeleista ja keskusteluista rakentuu monipuolinen kokonaiskuva politiikan perusteista ja vaihtoehtojen seurauksista, kansalaisten on luultavasti helpompi hyväksyä tarvittavat päätökset ja olla mukana niitä toteuttamassa.

Aineisto on Helsingin Sanomien tilaajien luettavissa lehden sivustolta kirjautuneena.

Metsäalan toimijoiden näkemyksiä suomalaisesta julkisesta metsäkeskustelusta

Tutta Oittinen, Annukka Näyhä, Venla Wallius
Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu
tutta.a.oittinen@jyu.fi

Metsistä käytävä julkinen keskustelu pohjaa moninaisten toimijoiden keskenään eriäviinkin toiveisiin, odotuksiin ja tavoitteisiin johtaen usein jakautuneeseen julkiseen keskusteluun eri toimijoiden välillä (Näyhä & Wallius, 2024). Tässä esityksessä pureudutaan laajasti metsäalan toimijoiden (yritykset ja edunvalvonta; poliitikot, viranomaiset, valtionhallinto; tutkimus; kansalaisjärjestöt, kansalaiset, asiantuntijaorganisaatiot; muut) näkemyksiin suomalaisessa yhteiskunnassa käytävästä julkisesta metsäkeskustelusta ja sen teemoista. Aihetta lähestytään osallisuuden ja vuoropuhelun (Taylor & Kent, 2014) sekä jaetun arvionluonnin (Freudenreich et al., 2020; Pedersen et al., 2021) konseptuaalisten ja teoreettisten tulokulmien kautta seuraavien tutkimuskysymysten avulla: Minkälaisena metsäalan sidosryhmät kokevat nykyisen suomalaisen julkisen metsäkeskustelun, sen pääpiirteet ja keskusteluun osallistuvien yhteiskunnallisten toimijoiden väliset suhteet? Mitä alustoja suomalaiseen julkiseen metsäkeskusteluun käytetään, millaisina ne koetaan ja mitä niistä koetaan puuttuvan?

Aineistona on Tulevaisuussuuntautuneet, yhteistoiminnalliset liiketoimintamallit kestävyys siirtymän edistäjinä - suomalainen metsäala kokeellisenä alustana transitiiokehikon luomiselle (BuSuT) -hankkeen (Suomen Akatemia, projektinro. 340756) haastatteluaineisto, jota analysoidaan sekä temaattisen analyysin (TA) että syvemmin kriittisen diskurssianalyysin (CDA) keinoin. Tarkemmin haastattelut koodattiin ja luokiteltiin TA:n periaatteiden avulla ja analysoitiin edelleen CDA:n avulla, joka pyrkii tarkastelemaan erityisesti käytetyn kielen merkityksiä ja sitä, kuinka toimijoiden asema ja valtasuhteet heijastuvat diskursseissa. Lisäksi analyysin pohjalta esitetään, minkälaisena tämänhetkinen julkinen metsäkeskustelu nähdään ja mitkä seikat ovat johtaneet nykytilanteeseen, kuinka tämänhetkinen julkinen metsäkeskustelu heijastelee siihen liittyvien yhteiskunnallisten toimijoiden välisiä suhteita ja valtasuhteita, sekä mitä haastateltavien näkemysten mukaan keskusteluihin ja erilaisille keskustelualustoille kaivataan.

Alustavien tulosten mukaan metsiin liittyvää julkista keskustelua käydään Suomessa eri medioissa, erityisesti sosiaalisen median kanavissa. Näillä kanavilla nähdään olevan erilaista valtaa keskustelun muodostumiseen ja eri toimijoiden äänien kuulluksi tulemiseen. Niillä kuitenkin nähdään erityinen rooli myös keskustelun polarisoitumisen kannalta, jonka vuoksi inklusiivisempia, erityisesti fyysisiä keskustelualustoja kaivattaisiin vuoropuhelun mahdollistamiseksi. Olemassa olevilla ja mahdollisilla uudenaikaisilla keskustelualustoilla ja -tilaisuuksilla on potentiaalia paitsi lisätä vuoropuhelua ja luottamusta eri toimijoiden kesken, myös vahvistaa tällä hetkellä hiljaiseksi jäävien toimijoiden äänen kuulumista julkisessa metsäkeskustelussa. Siten niillä on lopulta potentiaalia myös lisätä osallisuutta ja oikeudenmukaisuutta kestävyys siirtymässä.

Viitteet

- Freudenreich B, Lüdeke-Freund F, Schaltegger S (2020) A Stakeholder Theory Perspective on Business Models: Value Creation for Sustainability. *Journal of business ethics*, 166: 3-18. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04112-z>.
- Näyhä A, Wallius V (2024) Actors, discourses and relations in the Finnish newspapers' forest discussion: Enabling or constraining the sustainability transition? *Forest Policy and Economics* 169. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103331>.
- Pedersen E R G, Lüdeke-Freund F, Henriques I, Seitanidi M M (2021) Toward Collaborative Cross- Sector Business Models for Sustainability. *Business & Society*, 60: 1039- 1058.
- Taylor M, Kent M L (2014) Dialogic Engagement: Clarifying Foundational Concepts. *Journal of public relations research*, 26:384-398. <https://doi.org/10.1080/1062726X.2014.956106>

High school forestry students' views on future forestry- exploring human forest relationships and transition pain

Ann Grubbström, Stina Powell, Sara Holmgren.

Department of Urban and Rural Development, Division of Environmental Communication. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden. (ann.grubbstrom@slu.se)

This study explores high school forestry students' perspectives, focusing on their thoughts about future working life, as well as their hopes and concerns related to the phase-out of intensive forest management practices. The way students relate to forests is seen as central to understanding the emotions that shape their visions of the future (Chichecki et al. 2025; Halla et al., 2023). The concept of *transition pain* is used to delve deeper into feelings such as resistance and perceptions of being treated unfairly (Bogner et al., 2024). The study is based on seven focus groups with high school students involving 35 students. Most of the students plan to work as machine operators after graduation. Findings reveal that students' relation to the forest contains several layers that mutually affect one another: firstly, they see forests as crucial for their well-being. Secondly, the forest is an important arena for their social lives and recreational activities. Thirdly, forests represent their professional future as foresters.

Students express concern about the high rate of production in forestry and how it may contribute to personal stress and soil damage. Students give voice to *transition pain* by discussing how different forest management methods could change the appearance of the forest and thereby their ability to engage in forest-related activities. They also raise concerns that phasing out might create challenges for the industry and affect their future job opportunities. At the same time, they express hope in the growing environmental awareness and convey their own willingness to contribute to a transformation of forestry. The study suggests that forestry education has a vital role in supporting students through this transition. By creating space for discussion and reflection, education can help students reflect on human-forest relationship, navigate conflicting emotions and critically assess different forest management approaches. This may also contribute to greater acceptance and understanding of the ongoing changes in forestry. However, such discussions and reflections appear to receive little attention in current forestry education. Forestry education could be part of maintaining forest management practices (Hertog, 2022) but it also has the possibility to be a space where change occurs and where the future of forestry is shaped.

References

- Bogner K, Kump B, Beekman M, Wittmayer J (2024) Coping with transition pain: An emotions perspective on phase-outs in sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 50, 100806. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100806>
- Cichecki D, Weinbrenner H, Bethmann S, (2025) Becoming a forester. Exploring forest management students' habitus in the making. *Forest Policy and Economics*, 172, 103407. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103407>
- Halla T, Holz J, Karhunkorva R, Laine J (2023) The concept of the human-forest relationship (HFR)—Definition and potentials for forest policy research. *Forest Policy and Economics*, 153, 102995. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102995>
- Hertog I. M, Brogaard S, Krause T (2022) Barriers to expanding continuous cover forestry in Sweden for delivering multiple ecosystem services. *Ecosystem services*, 53, 101392. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101392>

Aluskasvillisuus metsän kokemisessa

Tuulikki Halla, Harri Silvennoinen, Philip Chambers

Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto

tuulikki.halla@uef.fi

Aluskasvillisuus on keskeinen osa metsän ekologiaa, ekonomiaa ja metsäsuhteita, mutta se jää usein vähäiselle huomiolle tai jopa kokonaan huomiotta metsän käytössä ja metsäpolitiikassa. Sen sijaan huomio kohdistuu usein puihin ja niiden ekologisiin, esteettisiin, kulttuurisiin, sosiaalisiin ja taloudellisiin merkityksiin. Kuitenkin aluskasvillisuus vaikuttaa monin tavoin ja tasoin metsän ja ihmisen vuorovaikutukseen: se tarjoaa ja määrittää erilaisia mahdollisuuksia tietämiseen ja toimintaan (affordances). Se on iso osa kokemuksellista yhteyttä aistihavaintoina ja tuntemuksina metsässä liikkuen (lived forest) ja niistä muodostuvina tietämisen tapoina ja tietoina metsästä (epistemologies). Aluskasvillisuus kietoutuu moniin metsäkulttuurisiin käytäntöihin. Siihen kytkeytyy myös monenlaisia hierarkioita, talouksia ja valta-asetelmia niin paikallisesti kuin globaalistikin. (Klingenfuß ym. 2025).

Tässä esityksessä tarkastelemme erityisesti aluskasvillisuuteen ja alikasvospuustoon liitettyjä merkityksiä ja tuntemuksia sekä niiden vaikutusta metsän ja metsämaiseman kokemisessa. Esitys perustuu metsän, ihmisen ja koneen välisiin suhteita tutkivassa UNITE Lippulaivassa tekeillä olevaan osatutkimukseen ja sen (alustaviin) tuloksiin. Osatutkimuksessa tutkimme sekä pelillistä menetelmää tutkimusaineiston keruussa että kerätyn määrällisen ja laadullisen aineiston avulla metsäsuhteita ja metsämaisemamieltymyksiä (Chambers ym. 2024).

Aineisto on kerätty neljältä Pohjois-Karjalaan ja Pirkanmaalle perustetulta geokätköreitiltä vuosien 2022-2024 aikana. Reiteistä kaksi sijaitsi Joensuun ja Tampereen kaupunkien lähimetsissä ja toiset kaksi maaseutuympäristössä Seitsemisen kansallispuistossa ja Ruunaan retkeilyalueella. Kohteilla kysyttiin, miten hyvin geokätkön ympäristö vastaa ihmisten metsäluontoon kohdistamiinsa toiveisiin ja odotuksiin 11-portaisella asteikolla. Tutkimusta varten kehitetyillä laadullisilla kysymyksillä selvitimme metsään liitettyjä tuntemuksia ja havaintoja. Vastauksissa oltiin kiinnostuneita kuudesta teemasta: alikasvospuustosta, aluskasvillisuudesta, kuolleesta pystypuusta, kuolleesta maapuusta, metsän käsittelystä ja elävästä puustosta. (Silvennoinen ym., käsikirjoitus).

Alustavien tulosten mukaan em. teemoihin liittyvistä avoimista vastauksista (N=347) kaikkein eniten saatiin aluskasvillisuuteen kohdistuvia vastauksia. Niistä kolmannes tuli kätköltä, jolla pyydettiin kommentoimaan ympäristön pohja- ja kenttäkerrosta, ja kaksi kolmannesta kätköiltä, joiden kysymyksenannossa ei millään tavoin viitattu aluskasvillisuuteen. Maininnat olivat valtaosin myönteisiä. Niissä nousi esille monia metsän pohjakerrokseen liittyviä yksityiskohtia. Alikasvospuusto sen sijaan herätti enemmän kielteisiä kuin myönteisiä tuntemuksia. (Silvennoinen ym., käsikirjoitus).

Esityksessä avaamme tuloksia yksityiskohtaisemmin keskittyen erityisesti aluskasvillisuuden herättämiin tuntemuksiin ja ajatuksiin lajitasolla. Esittelemme myös huomioita muihin tutkittuihin teemoihin liittyen, erityisesti kuolleisiin puihin liitettyihin esteettisiin, ajallisiin sekä kehollisiin merkityksiin.

Viitteet

Chambers P, Halla T, Silvennoinen H, Hujala T, Tikkanen J (2024). Using a location-based game to collect preference information for urban and rural forest planning. *Landscape and Urban Planning* 252: 105195. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105195>.

Klingenfuß S, John M, Halla T, Loch TK, Mack P, Meyers B, Mikoleit R, Peltola T (2025) Workshop: Stories of the Understory. *Research Ideas and Outcomes* 11: e164067. <https://doi.org/10.3897/rio.11.e164067>.

Silvennoinen H, Halla T, Chambers P ym. (käsikirjoitus) Metsäympäristön vetovoimaan vaikuttavat tekijät Itä- ja Länsi-Suomessa sijaitsevilla geokätköreiteillä tehdyn kyselytutkimuksen perusteella.

Kerroksellisuus puuhuoltoketjun työhyvinvoinnissa

Hanna-Riitta Kymäläinen¹, Marja Kallioniemi², Janne Kaseva³, Esa Katajamäki⁴

¹Helsingin yliopisto, maataloustieteiden osasto, Helsinki; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Jokioinen; ³Soveltava tilastotiede, Luonnonvarakeskus (Luke), Jokioinen; ⁴Tilastopalvelut, Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki

hanna-riitta.kymalainen@helsinki.fi marja.kallioniemi@luke.fi janne.kaseva@luke.fi esa.katajamaki@luke.fi

Erilaiset työtehtävät metsässä, hakkuualueilla, maanteilla sekä puuhuoltoketjua tukevissa toimihenkilötehtävissä ilmentävät osaltaan puuhuoltoketjun kerroksellisuutta. Ammattiasemat taas eriytyvät palkansaajiin, yksinyrittäjiin ja työnantajayrittäjiin erilaisine vastuineen. Merkitseväksi kerrokseksi ilmeni yllättäen myös työllisen sukupuoli, kun Luonnonvarakeskuksen toteuttaman laajan puuhuoltokyselyn (N=1282) aineistoa analysoitiin tarkemmin työkuormituksen osalta. Työkuormitusta osoittaviksi muuttujiksi valittiin stressi, hallinnan tunne, henkinen kuormitus, työtuntien määrä ja työn haitat (Kallioniemi ym., 2025). Kirjallisuuskatsauksena julkaistuun tieteelliseen artikkeliin valittiin työhyvinvointikyselyn kolme keskeistä tulosteemaa, jolloin tarkasteltiin erillisinä kerroksina psyykkistä kuormittumista, työtuntien määrää ja naisten tilannetta (Kallioniemi & Kymäläinen, 2024). Esityksemme pohjautuu mainittuihin kahteen tieteelliseen artikkeliin, joiden pohjalta tutkimuskysymyksemme ovat a) Millainen työhyvinvointi on puuhuoltoketjun erilaisissa vastaajaryhmissä ja millaisia keskeisiä työhyvinvointiin liittyviä teemoja aineistosta nousi esiin? ja b) Miten aiheeseen liittyvää tutkimusta jatketaan? Työkuormittumiseen, sukupuoleen ja myös työhyvinvoinnin parantamiseen liittyvä teoreettinen tausta on kuvattu lähdeartikkeleissa.

Yli puolet (59 %) vastaajista raportoi kyselyssä kokeneensa vähintään jonkin verran stressiä, ja lähes puolet (47 %) arvioi työnsä henkisesti kuormittavaksi. Stressimittarin tuloksia analysoitiin lineaarisen regressioanalyysin avulla, joka selitti 39 % stressimittarin vaihtelusta aineistossa. Tilastollisesti merkitseviksi selittäjiksi osoittautuivat selkeimmin palautuminen työstä sekä vastaajan ammattiryhmä, ammatillinen asema, mahdollisuus vaikuttaa henkilökohtaisiin asioihin työssä ja taloudellinen tilanne. Heikompi, mutta merkitsevä yhteys stressiin oli loma-aikojen määrällä, poissaoloilla työstä sairauden yms. takia, mahdollisuudella saada tarvittaessa tukea ja apua työyhteisössä, liikunnan harrastamisella sekä sairaana töitä tehtyjen työpäivien määrällä. Työkuormituksen osalta haavoittuvaisimmiksi vastaajaryhmiksi osoittautuivat korkeasti koulutetut, toimihenkilöt, naiset ja työnantajat (Kallioniemi ym., 2025).

Vaikka suomalaisessa työelämässä sukupuoli arvioidaan usein merkityksettömämmäksi tekijäksi kuin esimerkiksi ammattitaito tai työkokemus, kirjallisuuskatsaus toi esiin erilaisia naisen asemaan liittyviä heikkoja kohtia metsäalalla. Kyselytulosten mukaan naisten työhyvinvointi oli heikentynyt työhyvinvoinnin ulottuvuuksista etenkin työtaakan, psyykkisen kuormittumisen, palautumisen ja vuorovaikutuksen osalta. Naisten työhyvinvointia voidaan parantaa kehittämällä johtamista, kohtelemalla työntekijöitä tasapuolisesti sekä jakamalla vastuut asianmukaisesti työyhteisöissä (Kallioniemi & Kymäläinen, 2024).

Luonnonvarakeskuksen ja Helsingin yliopiston yhteinen, vuosina 2025–2026 toteutettava hanke ”Toimihenkilönaisten työhyvinvointi metsäsektorilla, laadullinen tutkimus (MetsäNaiset)” paneutuu naisten tilanteeseen metsäalalla. Hankkeen rahoittavat Metsämiesten Säätiö ja Luonnonvarakeskus. Tavoitteena on kuulla naisten työn arjesta eri puolilla Suomea toteutettavien haastattelujen avulla ja löytää keinoja työhyvinvoinnin kohentamiseen. Puuhuoltoketjun kerroksellisuuteen syventyminen siis jatkuu, nyt laadullisten tutkimusmenetelmien avulla.

Viitteet

- Kallioniemi M K, Kymäläinen H-R, Kaseva J, Katajamäki E (2025) Workload in wood harvesting and among transportation professionals — A study based on survey research in Finland. *Forest Policy and Economics* 178: 103530. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2025.103530>.
- Kallioniemi M, Kymäläinen H-R (2024) Kirjallisuuskatsaus työhyvinvoinnin keskeisistä teemoista puuhuoltoketjussa: psyykinen kuormittuminen, työtuntien määrä ja naisten tilanne. *Metsätieteen aikakauskirja* 2024: 23009. <https://doi.org/10.14214/ma.23009>

“Why Wood You” - a survey on the impact of wood on wellbeing in the built environment and the multifaceted cultural values shaping human perceptions

Valter Huttunen¹, Hinata Tanigawa¹, Jouni Pykäläinen², Tuula Jyske^{1,3}

¹University of Helsinki, Helsinki; ²University of Eastern Finland, Joensuu; ³Natural Resources Institute Finland, Helsinki

tuula.jyske@helsinki.fi

The “Why Wood You” survey aims to explore the intricate relationship between wood as a vital resource and the values that individuals and communities hold regarding forest use, particularly in the context of timber use in the built environment. By examining how wood—both as a physical material and a cultural symbol—affects human wellbeing, we seek to uncover the underlying connections that shape our interactions with forest-derived materials and their sustainable use (Jussila and Lähtinen, 2020; Ilgin and Karjalainen, 2022; Ojala et al. 2023).

Wood has long been a cornerstone of human civilization, providing not only practical benefits but also carrying rich aesthetic and cultural significance. Today, as we increasingly prioritize sustainable living and biophilic design, it becomes essential to understand the interplay between wood and the values associated with forest use. Our research focuses on gathering information about (1) how citizens perceive wood as a construction material, (2) their awareness of the well-being impacts of wood, (3) how this knowledge may shape their attitudes towards wood as a resource, and (4) how their perceptions of forests might influence their views on wood use in construction. By addressing these questions, we aim to uncover how understanding wood and its wellbeing impacts may affect public perceptions regarding its integration into the built environment.

The “Why Wood You” survey adopts a mixed-method approach, merging quantitative and qualitative data collection to provide a well-rounded perspective on the significance of wood in human environments. We invite participants from diverse backgrounds to share their experiences and beliefs about wood and its role in their lives, particularly in terms of its connection to indoor environment. The survey includes inquiries about preferences for wood in interior design, perceived health and emotional benefits, and respondents’ values related to sustainability, performance, and safety of construction materials. Additionally, interviews with industry representatives from Finland and Japan will yield deeper insights into the cultural narratives and knowledge-based considerations of wood wellbeing impacts that may influence business of the companies.

Research aims not only to enhance our understanding of wood-human interactions but also to foster a greater appreciation for the relationships between societal values, forest use, and human wellbeing. By linking wood as a resource to the evolving values surrounding timber use in the built environment, study contributes to a more sustainable and ethically conscious dialogue about the multifaceted connection to the forests and raw materials they provide as ecosystem services.

SURVEY – Why Wood You? blogs.helsinki.fi

What does wood constructing mean to you and how do wooden buildings impact your wellbeing? What wellbeing effects are important to you? Are there differences in perception of wood utilization between nationalities? Welcome to answer our survey on these themes. This survey is being conducted as part of the Natural Resources Institute Finland’s BIOSYS-project in collaboration with the University of Helsinki and the University of Eastern Finland which aims to create research and business ties between Japan and Finland.

References

- Ilgin E, Karjalainen M (2022) Massive Wood Construction in Finland: Past, Present, and Future. In Wood Industry-Past, Present and Future Outlook. InTech Open Access Publisher. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104979>
- Jussila J, Lähtinen K (2019) Effects of institutional practices on delays in construction – views of Finnish homebuilder families. *Housing Studies* 35: 1167–1193. <https://doi.org/10.1080/02673037.2019.1651831>
- Ojala A, Kostensalo J, Viik J, Matilainen H, Wik I, Virtanen L, Muilu-Mäkelä R (2023) Psychological and physiological effects of a wooden office room on human well-being: Results from a randomized controlled trial. *Journal of Environmental Psychology*, 89, Article 102059. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102059>.

Maastolaserkeilaus jatkuvapeitteisissä metsissä ja laserkeilausaineiston soveltaminen

Otto Saikkonen, Jiri Pyörälä, Ville Luoma, Markus Holopainen

Helsingin yliopisto

otto.saikkonen@helsinki.fi

Maastolaserkeilauksella on osoitettu olevan tärkeä rooli metsäntutkimuksessa, sillä sen avulla voidaan tuottaa tarkkaa rakenteellista tietoa puista ilman puuston hakkuita. Erityisesti tasaikäisissä ja varttuneissa metsissä maastolaserkeilauksella tuotetun aineiston on todettu olevan hyvin tarkkaa ja häiriötöntä jatkokäsittelyä varten, esimerkiksi pistepilvien automaattiseen segmentointiin. Tämä edellyttää kuitenkin, että mittajaajat osaavat huomioida menetelmän erityispiirteet metsäympäristössä.

Jatkuvapeitteisissä metsissä maastolaserkeilaus tuo uusia haasteita metsien monimuotoisen rakenteen vuoksi. Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus perustuu puuston eri-ikäisyyteen, mikä johtaa latvuston kerroksellisuuteen. Tämä puolestaan tuottaa haasteita sekä laserkeilauksen onnistumiselle että yksinpuintulkinnalle.

Tutkimuksissamme olemme yhdistäneet maastolaserkeilauksella tuotettua tietoa koepuiden lustoaineistosta saatuihin puuaineen laatutietoihin jatkuvapeitteisissä kuusivaltaisissa metsissä. Tavoitteenamme on ollut tuottaa kattavaa aineistoa jatkuvan kasvatuksen metsätutkimuksen tueksi, jotta voisimme paremmin ymmärtää muun muassa puuston biomassamallien toimivuutta sekä runkopuuaineen laatua jatkuvapeitteisissä metsissä. Lisäksi aineiston keruu ja analysointi ovat tuoneet esiin jatkuvapeitteisten metsien maastolaserkeilaukseen liittyviä haasteita sekä erityispiirteitä.

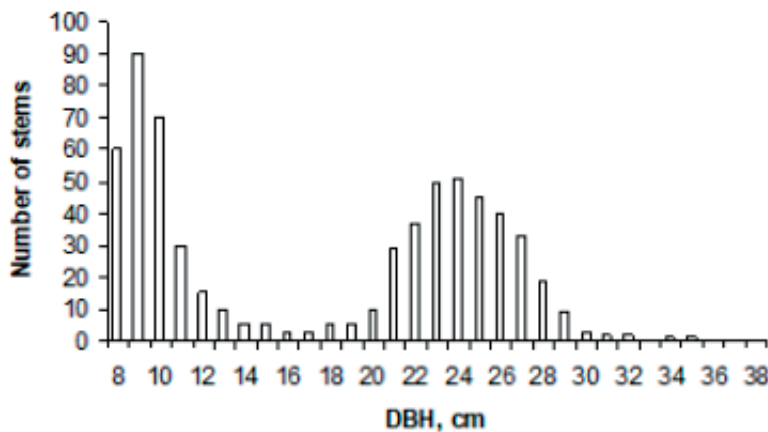
30 vuotta metsän kerroksellisuutta etsimässä

Matti Maltamo, Hanna Haapala, Pekka Kosunen, Lauri Korhonen

Metsätieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto

matti.maltamo@uef.fi

Esityksessä tarkastellaan metsän kerroksellisuuden tutkimusta ensisijaisesti puuston kokojakaumien kautta. Lähtökohtaisesti metsän kerroksellisuuden tutkiminen liittyy erityisesti tilanteeseen, jossa puuston kokojakauma, kuvassa 1 läpimittajakauma, on kaksi- tai useampihuippuinen. Lähtökohtia voi tietysti olla muitakin, esim. latvuserrokset. Perinteisesti tasaikäisrakenteinen jaksollisen metsänkasvatuksen tuottama jakauma on yksihiippuinen. Syitä useampihuippuisuudelle voi olla esimerkiksi käytetty metsänkasvatusmenetelmä eli jatkuvapeitteinen metsätalous. Vastaavasti taimikossa oleva verhopuusto aikaansaa samantyyllisen rakenteen. Syynä voi olla myös puulajirakenne, esimerkiksi rehevällä maapohjalla kasvava sekametsä. Puuston luonnon-tilaisuus luo myös edellytyksiä useampihuippuisuudelle esimerkiksi palodynamiikan kautta. Sinällään jo uudistuskypsään tasaikäisrakenteiseen metsään muodostuu helposti alikasvosta aikaansaaden useampihuippuisen kokojakauman. Alikasvoksella on oma mielenkiintonsa myös leimikon ennakkoarvauksen kannalta.



Kuva 1. Esimerkki kaksihiippuisesta puuston läpimitta (DBH)jakaumasta

Tutkimus puuston rakenteesta lähti aikoinaan tilanteesta, jossa teoreettisia läpimittajakaumamalleja kehitettiin tasaikäisrakenteisiin aineistoihin, joista kuitenkin löytyi myös muun tyyppisiä rakenteita. Samantyyppistä palautetta oli saatu myös käytännön toimijoilta. Mallituksessa käytetyt todennäköisyysfunktiot eivät taipuneet useampihuippuisiksi, mutta apua löytyi esimerkiksi prosenttiosuusmenetelmästä, k lähimmän naapurin estimoinnista, myöhemmin myös sekoitetuista jakaumista.

Reilut 20 vuotta sitten yleistynyt kolmiulotteinen laserkeilausaineisto loi aivan uusia mahdollisuuksia rakenteellisuuden tutkimiseen. Kun aikaisemmin ennustettiin läpimittajakaumaa, oli nyt luontevaa tarkastella puiden pituusjakaumaa, olihan laseraineistokin 3D dataa, joka perustui kasvillisuuden korkeushavaintoihin. Tutkimusta tähän aihepiiriin liittyen onkin tehty runsaasti niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Tavoitteet voivat olla monenlaisia. Jo esillä olleiden aiheiden lisäksi esimerkiksi metsäpalon leviämismalleihin liittyy olennaisesti tieto puuston kerroksellisuudesta.

Viime aikoina jatkuvapeitteistä metsätaloutta on tutkittu runsaasti. Inventoinnin näkökulmasta esille nousee taas kerran alikasvoksen olemassaolo, joka indikoi potentiaalisia kohteita. Tämän esitelmän esimerkkitutkimuksessamme lähtökohdaksi asetettiin: 1) metsä on vähintään varttunutta kasvatusmetsää ja 2) kokojakauma on kaksihiippuinen, joista alempi on alikasvoksessa tai 3) huomattava osa puustosta on alikasvoskokoista ja 4) alikasvos on puulajiltaan jatkuvapeitteisyyteen sopivaa. Näin tarkasteltavaan puustoon kuin sitä kuvaavaan pisteparven korkeusjakaumaan tehtiin kernel -tasotus, josta laskettiin derivaattojen kautta jaksojen määrä, sijainti sekä vaihtuminen toiseen jaksoon. Vastaavuus aineistojen välillä osoittaa jo suoraan lähestymistavan sopivuuden. Kaikista tunnistetuista jaksoista laskettiin laseraineistosta aluepohjaiset piirteet erikseen eri jaksoille.

Näillä tunnuksilla pyrittiin tarkentamaan jaksollisuuden ennustamista sekä toisaalta ennustamaan alikasvoksen puulaji luokittelemalla. Lähestymistapa on objektiivinen ja täysin numeerinen perustuen suoraan hyödynnettyihin aineistoihin. Käytännön toimintaan liittyen luokittelun tulos täytyy tarkistaa maastossa potentiaalisten kohteiden osalta, mihin ehdotamme pelillistämistä.

Viitteet

- Maltamo M, Kangas A, Uuttera J, Torniainen T, Saramäki J (2000) Comparison of percentile based predicted methods and Weibull distribution in describing diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. *Forest Ecol Manag* 133: 263-274. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00239-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00239-X)
- Maltamo M, Packalén P, Yu X, Eerikäinen K, Hyyppä J, Pitkänen J (2005) Identifying and quantifying structural characteristics of heterogeneous boreal forests using laser scanner data. *Forest Ecol and Manag* 216: 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.034>
- Maltamo M, Peltola P, Packalen P, Hardenbol A, Rätty J, Saksa T., Eerikäinen K, Korhonen L (2023) Can models for forest attributes based on airborne laser scanning be generalized for different silvicultural management systems? *Forest Ecology and Management* 546, 121312. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121312>
- Penner M, White JC Woods ME (2023), Automated characterization of forest canopy vertical layering for predicting forest inventory attributes by layer using airborne LiDAR data. *Forestry* 97: 59–75. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad033>

Lehtipuusekoituksen vaikutus metsikön kasvuun ja tuhoihin VMI aineiston perusteella

Harri Mäkinen, Helena M. Henttonen, Aino Smolander

Luonnonvarakeskus

harri.makinen@luke.fi

Kiinnostus lehtipuusekoituksen kasvattamiseen havupuuvaltaisissa metsiköissä on lisääntynyt viime vuosina, ja sekapuulajien kasvatusta edistetään metsänhoitosuosituksissa ja metsäsertifiointijärjestelmissä. Eri puulajien sekoitukset ovat usein lisänneet metsikön kasvua ja tuotosta, mutta Pohjoismaisten tutkimusten mukaan lehtipuusekoitusten vaikutus tuotokseen on ollut pieni. Otantapohjaiset inventoinnit kuvaavat metsävarojen kehitystä aluetasolla ja tarjoavat mahdollisuuden analysoida metsän kasvuun vaikuttavia tekijöitä.

Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) aineistojen avulla tarkastelimme lehtipuusekoitusten ja metsikön tuotoksen välistä suhdetta. Analysoimme kuusi- ja mäntyvaltaisia puhtaita ja sekapuulajien metsiköitä Etelä-Suomessa ja vertasimme niiden puuston rakennetta, tilavuuskasvua, ja tuhoja erikseen ikäluokille 21–40, 41–60 ja > 60 vuotta. Sekapuustot olivat yleisempiä 1920-luvulla historiallisten maankäyttömuotojen vuoksi, mutta nykyiset metsiköt ovat havupuuvaltaisia. Lievä ja kohtalainen lehtipuusekoitus ei vaikuttanut merkittävästi havupuuvaltaisten metsiköiden tilavuuskasvuun. Sen sijaan mänty- ja kuusivaltaisten metsiköiden kasvu oli yhteydessä puuston määrään, kasvupaikan viljavuuteen ja metsikön ikään riippumatta lehtipuulajisekoituksen tasosta. Tulokset osoittivat lisäksi metsikkötuhojen osuuden lisääntyvän lehtipuiden osuuden kasvaessa. Tulokset vahvistavat alueellisella tasolla aiempien pohjoismaisten metsikkötasolla tehtyjen tutkimusten tulokset, joiden mukaan vähäisellä ja kohtalaisella lehtipuusekoituksella havupuuvaltaisissa metsiköissä ei ole, tai on vain vähän, puuntuotantoa alentavaa vaikutusta.

Viitteet

Henttonen HM, Smolander A, Mäkinen H (2024) Consequences of tree species mixture for growth and damage based on large-scale inventory data in Finland. *For Ecol Manage* 556: 121752. 9 p.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121752>

Towards structurally representative country-wide tree maps

Joel Kostensalo, Petteri Packalen, Sakari Tuominen, Mikko Kuronen, Lauri Mehtätalo, Mari Myllymäki
Natural Resources Institute Finland (Luke)

joel.kostensalo@luke.fi

Creating structurally representative country-wide tree maps would be a significant step towards creating a digital twin of the Earth's forests. If the local precision is sufficient, such a digital twin could be also used as a tool for making stand-level management decisions. Individual tree detection applied to airborne laser scanning (ALS) data can be used for mapping, but smaller trees hiding under the tree canopy and clustered trees tend to be undetected, resulting in excess spatial regularity and bias in the size distribution, systematically misrepresenting the layer structure. Using ALS data with densities ranging from 5–250 pts/m² in Finland and Norway, we show that even state-of-the-art instance segmentation algorithms typically only find about 40% of the trees in unmanaged forests with stem densities around 1500 trees/ha. Using data from over 500 field plots, we have developed and validated a method which corrects for missing trees and false detections using a computationally efficient tree-bootstrapping method. The corrected tree maps accurately reproduce the stem number, spatial pattern, and tree height and diameter distributions. Wall-to-wall applications covering up to 110 million trees are presented.

Mitä LiDAR metsässä näkee? - Kokemuksia Hyytiälästä 2004–2025

Ilkka Korpela

Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto

Ilkka.korpela@helsinki.fi

Elokuun viides 2004 jännitin Musturinkulman pellolla pelaisiko Tikkakoskelta noutamani GPS-vastaanotin ja ehtisinkö sen asentaa ennen kuin lentokoneen ääni kuuluisi. Seuraavana päivänä vempaimen pitäisi olla Matalansalossa, sekin jännitti, mutta auto kesti vielä paluumatkan. Tuon elokuun jälkeen on jännitetty kuvaussäitä 16 kertaa, ja jos kaikki meni hyvin, keilasi MML Hyytiälän kuluneena kesänä – kahdeksannentoista kerran. Lokakuussa 2004 - kädet täristen - avasin kuoren, jossa datat olivat DVD-levyillä. Onneksi en ollut vielä kuullut LAS-standardista, joka keväällä 2003 oli julkaistu. Sen ansiosta tietueissa oli, silloin ja aina sen jälkeen, mukana keilaimen sijainti kullekin pulssille, jonka reitti läpi latvuston oli näin ollen laskettavissa. Laserhan mittaa myös ”tyhjää”- sieltä mistä kaikuja ei tule. LAS-standardi ei vielääkään tue tätä filosofiaa. Sen verran oli aiheesta ymmärrystä jo DVD-levyä tietokoneeseen työntäessäni, olivathan Suomessakin jo kokeiluja tehneet, teekkaritaustaiset. Metsähallituksen yhteistyömäärärahalla sain tämän ensimmäisen keilauksen.

3D-fotogrammetriaa harrastaneet olivat vuosia olleet turhautuneita – ”Latvoille saadaan kuvilta tarkat XYZ-koordinaatit, mutta missä maanpinta on?”. Pituusestimaatit saattoivat olla pahoin pielessä, kun maastomalli oli korkeuskäyristä johdettu, jotka taas olivat vaikeasti näkyvillä sulkeutuneen latvuston alla. ”Maaosumia tuli kaikkialta!” huomasin pian – mutta kuuroille korville kaikuivat puheeni lehdellisen ajan keilauksesta kartanvalmistajille. Sittemmin on tultu toisiin ajatuksiin. LiDAR näki maanpinnan ja maaston korkeusmallien virheestimaattoreiden pilkkua sai siirtää vasemmalle.

LiDAR-aikasarja kattaa noin 10 km² alueen metsäasemalta itään ja kaakkoon. Muutaman kerran on keilattu lähialueen luonnontilaisia soita, joissa kerroksellisuutta on paikoin enemmän. Lakkasuo etelässä ja Siikaneva lännessä. Hyytiälän metsät ovat pääosin kivisillä kankailla, joiden puusto on uudistettu metsikkötalousjärjestelmää noudattaen, alkaen 1950-luvun alusta. Sellaisia reheviä maita on niukalti, joissa tuomi, raita tai pihlaja muodostaisivat alikasvoksia. Metsäkuusi sen sijaan tuntuu uudistuvat hyvin, erityisesti männyn alle ja harvuihin koivikoihin. Puuston tila kuvataan metsikkökoealoilla, joissa yksittäisten puiden sijainti tunnetaan. Harvassa ovat kuitenkin ne koealat, joissa kartoitus ja seuranta on ulotettu aivan pienimpiin kokoluokkiin. Pieniä puita tulee helposti tuhansia, kun koeala on 15–25 aaria kooltaan.

Keilaimet ovat vuosien saatossa kehittyneet. Ensin tuli yksi tai kaksi kaikua. Seuraavaksi jopa neljä kaikua per lähetetty pulssi. 2010 kokeiltiin keilainta, joka kaikujen lisäksi tallensi paluusignaalin voimakkuusvaihtelun 38 metrin matkalta, mikä ei aivan riitä Hyytiälän pisimmälle puulle, sillä Iso-Antti on 44-metrinen. Vähän myöhemmin saatiin dataa, jossa ei ollut 38 metrin rajoitetta, mutta laite heräsi mittaamaan vasta, jos vaste oli tarpeeksi voimakas. Suo siellä veteli täällä. Viimeisimmät keilaimet kykenevät erottelemaan kohteita metrinkin etäisyydellä toisistaan, kymmenenkin per pulssi, miljoona pulssia sekunnissa, mutta tuon hintana on datan kohinaisempi radiometria. Tämä on tavallista myös kameroissa – mitä pienempi pikseli, sitä huonompi on radiometrinen erottelukyky.

Hyytiälässä on kokeilujen perusteella havaittu, että laserkeilaus (aikasarjasta)

NÄKEE:

- Maanpinnan muodot, lehdettömään aikaan vähän paremmin
- Isojen, vallitsevien puiden latvukset ja latvan, kun pulssitiheys on 5 tai enemmän
- Puulajin, kohtalaisella tarkkuudella
- Kohteiden kirkkauseroja, ja sen että aallonpituudella on suuri merkitys - 532, 1064 tai 1550 nanometriä
- Pieniäkin fenologisia eroja puissa, kun keilaus järjestetään tarkasti
- Melko lailla samat asiat pulssein leveyden vaihdellessa 10–60 cm
- Suon pinnanmuodot ja kasvillisuuden pääpiirteet, avosoilla ja harvapuustoisilla soilla
- Alikasvoksen olemassaolon tai raivauksen

EI NÄE:

- Kunnolla alikasvoksen yksittäisiä puita tai puulajikoostumusta hallitsemattomien häviöiden takia
- Haapaa näreestä, paitsi lehdettömänä.

Viitteet

Julkaisuja: https://www.mv.helsinki.fi/home/korpela/List_of_publ_04_05.html

Mapping tree-level structural diversity for precision harvesting operations: a comparison of open-source and drone datasets

*Mao Zhu, Abdi Omid, Ville Laamanen, Veli-Pekka Kivinen, Jori Uusitalo
Helsingin yliopisto, metsätieteiden osasto, 00014 Helsingin yliopisto
zhu.mao@helsinki.fi*

Boreal forest structure reflects the diversity and the spatial patterns of the trees in the forest, providing essential information for forest precision harvesting operations and management. To address this need, remote sensing technologies offer economical and efficient means to measure forest, while deep learning (DL) methods enable the extraction of individual tree features from multi-source data, supporting tree-level structural analysis. The presentation aims to address two key questions: (1) How can remote sensing data support tree-level forest structure analysis? and (2) How do half-meter open-source data and very-high-resolution drone data perform in tree-level forest structure analysis?

A comprehensive forest structure analysis should consider both vertical heterogeneity and horizontal diversity. To this end, we first propose a spatially related method to calculate and evaluate multiple tree-level forest structural indices by using a moving window with a specific radius. The forest structural indices include tree density, spatial GINI index (SGINI) of tree height, and spatial Mingling index (SMLI) of tree species. Specifically, we detect individual trees and estimate both tree height and crown size from open-source and drone data, respectively. The open-source data includes half-meter orthophoto and canopy height model (CHM). The orthophoto has red, green, blue and near-infrared spectral bands and CHM is derived from LiDAR data. In contrast, the drone dataset includes the same spectral bands and CHM but provides a much higher spatial resolution of 5 cm. Second, we conduct a comparative study to examine the differences between open-source and drone-based datasets. This comparison explores both the advantages of very-high-resolution drone data and the potential applications of open-source data. Field measurement data are used as the ground truth to evaluate the accuracy of forest structure mapping. Furthermore, we discuss and propose reference threshold values for these indices to support practical forest operations, such as thinning and other management activities.

Jäävän puuston estimointi ensiharvennuksella hakkuukonetiedon avulla

Riku Tarvainen¹, Kirsi Rieki¹, Heikki Ovaskainen¹, Asko Poikela¹, Kalle Kärhä², Jukka Malinen¹

¹ Metsäteho Oy

² Itä-Suomen yliopisto

riku.tarvainen@metsateho.fi

Ensiharvennus on keskeinen toimenpide metsänhoidossa, koska se vaikuttaa koko puuston myöhempään kehitykseen. Metsäkoneenkuljettajat avaavat ajourat ensiharvennusmetsikköön ja tekevät päätökset kaadettavista ja kasvamaan jätettävistä puista. Nykyaikaiset tavaralajimenetelmää hyödyntävät harvesterit tuottavat tarkkaa tietoa kaadettujen puiden mitoista ja sijainneista. Harvesterin sijainti tallennetaan jo yleisesti harvesterin tuottamaan aineistoon (HPR) StanForD 2010 -standardin mukaisesti, ja myös harvesteripään sijainnin tallentaminen on yleistymässä.

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida ensiharvennuksen jälkeisen puuston runkoluku ja pohjapinta-ala harvesteriaineiston perusteella. Aineistona käytettiin Komatsu-harvestereiden tuottamaa tarkkaa HPR-dataa sekä vertailuksi kerättyjä maastomittauksia seitsemästä metsiköstä Länsi-Suomessa. Menetelmässä ajourien varrella kasvavat puut tunnistettiin ja niitä käytettiin lähtöpuuston otoksena. Jäljelle jäävän puuston määrä arvioitiin läpimittajakaumien avulla vähentämällä kaadetut puut alkuperäisestä puustosta.

Tuloksia arvioitiin Reynoldsin virheindeksin avulla sekä vertaamalla läpimittajakaumia visuaalisesti maastomittauksiin. Tulokset osoittivat, että menetelmällä on potentiaalia määrittää ensiharvennuksen jälkeisen puuston pohjapinta-ala ja läpimittajakauma luotettavasti. Menetelmä on mahdollista automatisoida tulevaisuudessa, mikä loisi valmiudet automaattiselle raportoinnille ja laadunhallinnalle ensiharvennuskohdeissa.

Metsäkoneiden ajouraverkostojen automaattinen suunnittelutyöväline MoniURA

Kirsi Riekk, Heikki Ovaskainen, Jukka Malinen

Metsäteho, Vantaa

kirsi.riekki@metsateho.fi

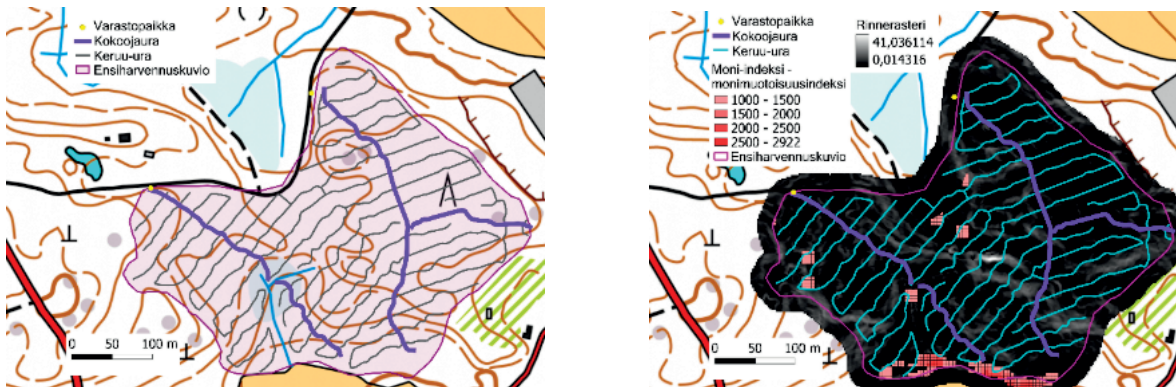
Hyvin toteutetut ajouraverkostot ovat keskeinen osa puunkorjuun laatua ensiharvennuksilla. Ajouraverkoston sijoittamiseen korjuukohteelle vaikuttavat maasto- ym. olosuhdetekijät. Täsmäpuunkorjuussa pyritään huomioidaan näiden tekijöiden vaikutus ajouraverkoston jo korjuun suunnitteluvaiheessa ja tarjoamaan hakkuukoneen kuljettajille ennakkotietoa maaston piirteistä puunkorjuun toteutuksen tueksi.

Metsäteho on kehittänyt pilottiversion automaattisesta ajouraverkoston suunnittelutyövälineestä MoniURA:sta, jolla voidaan laatia ehdotus ensiharvennuskohteen koko ajouraverkoston ennen korjuuta (Riekk ym. 2025). MoniURA huomioi maaston korkeusvaihtelut ja korjuukelpoisuuden, sekä luonnon monimuotoisuuden ja puuston piirteet Moni-indeksin avulla (Malm ym. 2025). MoniURA:n laskenta perustuu kokooja- ja keruu-urien sijainnin todennäköisyyspohjaiseen optimointiin korjuukohteella. Optimoinnin kustannus määritetään edellä mainittujen paikkatietoaineistojen avulla. Esimerkki ajouraehdotuksesta on kuvassa 1.

MoniURA:lla optimoituja ensiharvennusten ajouraverkostoja vertailtiin samoille kohteille käytännössä toteutettuihin ajouraverkostoihin. Vertailua varten laskettiin ajouraverkostojen keskitunnuksia. Vertailutulokset osoittivat, että MoniURA-menetelmä huomioi jo nyt hyvin ajourasuunnitteluun vaikuttavia olosuhdetekijöitä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että MoniURA on hyvin potentiaalinen menetelmä ensiharvennusten ajourien suunnitteluun. MoniURA-menetelmän kehitystä ja testausta täsmäpuunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen tarpeisiin jatketaan EU-rahoitteisessa OptiForValue-hankkeessa.

Tämä työ tehtiin osana EU:n elpymis- ja palautumistukivälineen (RRF) rahoittamaa KESTOTÄSMÄ-hanketta, jonka yhtenä tavoitteena oli kehittää menetelmiä täsmäpuunkorjuun ja ajouraverkostojen ennakkosuunnitteluun.



Kuva 1. Automaattinen ajourasuunnittelutyöväline MoniURA:n tuottama ehdotus ajouraverkosta ensiharvennuskohteelle.

Viitteet

- Malm M, Riekk K, Strandström M, Malinen J (2025) Moni-Indeksi. Täsmämetsän- ja täsmäluonnonhoidon monimuotoisuusindeksointi puunkorjuun suunnittelun tueksi. Metsätehon raportti 274/2025. <https://www.metsateho.fi/monimuotoisuusindeksi-yhdistaa-paikkatietoa-tasmametsatalouden-tarpeisiin/>.
- Riekk K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Metsäkoneiden ajouraverkostojen automaattinen suunnittelutyöväline MoniURA. Metsätehon tuloskalvosarja 11/2025. <https://www.metsateho.fi/moniura-pilottimenetelma-ensiharvennusten-ajourasuunnitteluun/>.

Mobiililaserkeilaus harvennushakkuiden korjuujäljen tarkastuksissa

Anwar Sagar¹, Johannes Pohjala², Kalle Kärhä², Jesse Muhojoki³, Juha Hyyppä³, Ville Kankare⁴

¹Ponsse Oyj; ²Itä-Suomen yliopisto; ³Paikkatietokeskus (FGI); ⁴Turun yliopisto

johannes.pohjala@uef.fi

Harvennushakkuiden korjuujäljen arviointi perinteisin menetelmin on työlästä, kallista ja altista inhimillisille virheille. Suomen metsäkeskuksen virallisissa korjuujäljen tarkastuksissa on viime vuosina hyödynnetty tavanomaisten inventointimenetelmien lisäksi lennokka-ilmakuvapistepilviin perustuvaa yksinpuintulkintaa (Leivo ym. 2022). Mobiililaserkeilaimen käyttöä on tutkittu valtakunnallisten VMI-inventointien tueksi ympyräkoaloille, ja metsien inventoinnissa hyödynnetään laajamittaisesti lentolaserkeilausta. Myös harvennushakkuiden korjuujäljen seurantaan ja valvontaan kaivataan objektiivisia ja datalähtöisiä lähestymistapoja, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen datankeruun. Tämä mahdollistaa metsäkoneenkuljettajan jatkuvan opastuksen ja välittömän palautteen työn laadusta. Tällöin avustin osaisi varoittaa esimerkiksi liian voimakkaasta harvennuksesta.

Tässä tutkimuksessa kerättiin korkearesoluutioinen pistepilviaineisto neljältä harvennuskuvialta kattaen yhteensä 11 hehtaarin alueen. Kuviot sijaitsivat Kyyjärvellä, Karstulassa ja Kuopiossa. Aineiston keräykseen käytettiin GeoSLAM ZEB Horizon -mobiililaserkeilainta rinkaaseen asennettuna. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida mobiililaserkeilaus (MLS)-teknologian kykyä havaita viallisia puunrunkoja sekä mitata ja arvioida korjuujäljen laatua. Lisäksi arvioitiin Ponsse Oyj:n Harvennusavustin (Thinning Density Assistant, TDA) -järjestelmän vaikutusta harvennuksen korjuujäljen laatuun. Pistepilviaineistosta tuotettiin sijaintitarkka puukartta Hyyppä ym. (2020) automaattisen algoritmin avulla, joka tuotti estimaatit jäävän puuston sijainneista, läpimitoista, pituuksista, ja tilavuuksista. Paikkatarkka puukartta tuotettiin QGIS-ohjelmistolla ja OwnMap-sovelluksella, mikä mahdollisti kenttä- ja digimittausten vertailun.

Tulokset osoittivat vahvaa korrelaatiota automaattisten ja perinteisten arviointien välillä. Saadut tulokset olivat – muutamia poikkeamia lukuun ottamatta – hyvän metsänhoidon suositusten mukaisia (Tapio 2025). Puiden runkomuodon poikkeavuuksien tunnistamiseen kehitetyn algoritmin tulokset viittaavat lisäksi MLS:n potentiaaliin automaattisessa puiden vikaisuusien tunnistuksessa. Nämä havainnot korostavat MLS-teknologian merkitystä tarkkuuden, tehokkuuden ja objektiivisuuden parantamisessa nykyaikaisessa metsänhoidossa ja sen operaatioiden laadun seurannassa ja arvioinnissa.

Viitteet

- Hyyppä E, Kukko A, Kaijaluoto R, White JC, Wulder MA, Pyörälä J, Liang X, Yu X, Wang Y, Kaartinen H, Virtanen J-P, Hyyppä J (2020) Accurate derivation of stem curve and volume using backpack mobile laser scanning. *ISPRS J Photogramm* 161: 246–262. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.01.018>
- Leivo J, Partanen J, Hytönen H, Leppijoki N, Pulkkanen T, Haataja L, Pirkonen J, Partamies M, Santapukki R, Nousiainen M, Pakkanen N (2022) Tarkastusohje 2023. Suomen metsäkeskus. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tarkastusohje.pdf>
- Tapio (2025) Metsänhoidon suositukset. Ensiharvennus. <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/ensiharvennus/toteutus#section-387>

Automaattisen tiedonkeruun hyödyntäminen koneellisen metsänistutuksen kustannuskilpailukyvyn selvittämisessä

Kalle Kemppainen^{1,2}, Kalle Kärhä¹, Juha Laitila², Antti Sairanen¹, Ville Kankaanhuhta², Heli Viiri³, Heli Peltola¹

¹Itä-Suomen yliopisto, Joensuu; ²Luonnonvarakeskus, Joensuu; ³UPM-Kymmene Oyj, Tampere
kalle.kemppainen@uef.fi; kalle.kemppainen@luke.fi

Koneellisen metsänistutuksen on odotettu tuovan toivottuja kustannussäästöjä metsänuudistamiseen sekä pienentävän työvoimatarvetta alati kasvavan metsäalan työvoimapulan keskellä. Manuaalisen istutuksen asema on tästä huolimatta pysynyt erittäin vahvana näihin päiviin saakka, vaikka koneellista istutusta on tutkittu ja kehitetty vuosikymmenien ajan. Suurimpana syynä heikolle kehitykselle on pidetty koneellisen istutuksen korkeampia kustannuksia verrattuna manuaalisiin istutusketjuihin. Vaikka metsänuudistamiskustannukset ovat kasvaneet huomattavasti viime vuosina, ei manuaalisten tai koneellisten istutusketjujen kustannuksia Suomen olosuhteissa ollut selvitetty yli kymmeneen vuoteen. Tässä esityksessä käydään läpi uusinta tutkimustietoa koneellisten ja manuaalisten istutusketjujen tämänhetkisistä kustannuksista Suomessa. Esityksen tulokset perustuvat tuoreeseen tutkimukseen (Kemppainen ym. 2025), jossa selvitettiin kaivinkoneeseen asennetun Risutec PM-160 -istutuslaitteen tuottavuutta hyödyntämällä automaattista tiedonkeruuta. Länsi-Suomessa sijainneet yhdeksän työmaata olivat koneelliselle istutukselle hyvin soveltuvia ja kivisyydeltään pääosin normaaleja kivennäismaan kohteita, joille oli istutettu yli 70 000 kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) taimea vuosina 2019 ja 2020.

Risutec Asta -dokumentointijärjestelmän keräämien taimikohtaisten aikaleimojen pohjalta laskettiin muun muassa istutuslaitteen keskimääräinen istutusaika (s taimi⁻¹) sekä käyttötuntituottavuus (taimea h⁻¹ sisältäen alle 15 min tauot). Kustannuslaskentaa varten luotiin kolme erilaista istutusketjua: Perinteinen istutusketju sisälsi kaivinkoneella tehdyn mätästyksen, jota seurasi manuaalinen istutus. Vaihtoehtoisessa, toisessa manuaalisessa istutusketjussa maanmuokkaus toteutettiin kuormatraktoriin asennetulla jatkuvatoimisella mätästäjällä. Kolmas istutusketju vastasi tuottavuuslaskelmien kaivinkonepohjaista koneellista istutusta. Kustannuslaskenta ja herkkyyksianalyysit toteutettiin tutkimusta varten rakennetulla Excel-pohjaisella laskurilla.

Tehtyjen tuottavuuslaskelmien perusteella Risutec PM-160 -laitteella on hyvissä olosuhteissa ja ammattitaitoisilla koneenkuljettajilla mahdollista saavuttaa 215 taimea h⁻¹ käyttötuntituottavuus. Kustannuslaskelmien mukaan koneellinen istutus oli hehtaarikustannuksiltaan hieman edullisempi kuin perinteinen istutusketju. Herkkyyksianalyysit osoittivat, että koneellinen istutus on kilpailukykyinen vaihtoehto perinteiselle istutusketjulle, mikäli sen keskituottavuus on vähintään 210 taimea h⁻¹. Ylivoimaisesti kustannustehokkaimmaksi istutusketjeksi osoittautui kuitenkin jatkuvatoimisen mätästyksen ja manuaalisen istutuksen yhdistelmä. Tuloksista voidaan päätellä, että mikäli koneellisen istutuksen kustannustehokkuutta halutaan merkittävästi kasvattaa nykytasolta, vaaditaan myös istutuskoneilta jatkuvatoimisuutta tulevaisuudessa.

Viitteet

Kemppainen K, Kärhä K, Laitila J, Sairanen A, Kankaanhuhta V, Viiri H, Peltola H (2025) Evaluation of the productivity and costs of excavator-based mechanized tree planting in Finland based on automated data collection. *Silva Fennica* vol. 59 no. 1 article id 25004. <https://doi.org/10.14214/sf.25004>.

Puunkorjuun tutkimusta eri elinkeinojen tarpeisiin

Juha Laitila¹, Jaakko Repola², Antti Pekkarinen³, Eero Holmström³

Luonnonvarakeskus Joensuu¹, Rovaniemi², Helsinki³

juha.laitila@luke.fi

Lapissa metsien hakkuut tulee usein sovittaa yhteen muiden metsänkäyttötapojen, kuten poronhoidon ja matkailun kanssa. Eri metsänkasvatustapoja vertailtaessa pitää puiden kasvun ja kehityksen ohella tietää, miten hakkuutavat toimivat käytännössä ja mikä on puunkorjuun kustannus ja laatu. Tässä esiteltävät tulokset perustuvat KOPO- ja HAKEMA-hankkeissa tehtyihin tutkimuksiin Rovaniemellä, Sodankylässä ja Savukoskella. KOPO-hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten jatkuvapeitteisessä metsäkasvatuksessa käytettävä poiminta-hakkuu eroaa hakkuun tuottavuuden, puunkorjuun kustannusten ja korjuujäljen osalta tasaikäisrakenteisessa metsätaloudessa käytettävistä alaharvennuksesta ja avohakkuusta mäntyvaltaisilla korjuukohteilla. HAKEMA-hankkeessa puolestaan yhteensovitettiin poro- ja metsätalouden tarpeita ja tutkittiin mm. hakkuutähteiden korjuuta ja sen kustannuksia Kemin-Sompion paliskunnan alueen jäkäläkankailla poiminta- ja pienaukkohakkuiden yhteydessä.

Keskeisten kustannustekijöiden osalta poimintahakkuiden kustannusrakenne vastaa tai on hyvin lähellä harvennushakkuiden kustannusrakennetta. Suoraa vertailua vaikeuttaa se, että poimintahakkuussa metsästä kaadetaan pääsääntöisesti tukkipuita sekä harvennetaan myös puustotihentymiä, minkä vuoksi poistuman keskijäreys sekä hakkuukertymä ovat usein suuremmat kuin alaharvennuksessa. Poimintahakkuilla hakkuutyö on hieman hitaampaa kuin perinteisillä harvennushakkuilla mutta suurempi hakkuukertymä parantaa vastavuoroisesti metsäkuljetuksen tuottavuutta perinteiseen harvennustapaan verrattuna, jos tavaralajien määrä pysyy kohtuullisena. Suurin epävarmuus poimintahakkuiden osalta liittyy tulevaisuuden korjuuolosuhteisiin, joihin lyhyellä aikajänteellä vaikuttavat hakkuun voimakkuus, korjuujälki ja toimenpiteiden jaksotus. Puuston poimintahakkuurakenteen ylläpitämisen edellytyksenä on riittävä uudistuminen sekä vallittujen latvuserrosten elpyminen. Siirtyä tasaikäisestä puustosta jatkuvaan kasvatukseen voi viedä aikaa, ja puustoa on hakattava aluksi varoen muun muassa lumi- ja tuulituhoriskien vuoksi.

Hakkuutähteiden keruun kustannuksia porojen talvilaidunalueilta arvioitiin olemassa olevilla korjuukustannusmalleilla hyödyntäen puunkorjuun yhteydessä kerättyä mittaustietoa ainespuun ja hakkuutähteiden kertymistä hakkuukoaloilta. Tulosten mukaan männyn hakkuutähteiden korjuun kustannukset poiminta- ja pienaukkohakkuiden jäljiltä olivat 160–235 €/ha, mikä on noin 20–30 prosentin lisäkustannus ainespuun korjuukustannuksiin ko. olosuhteissa. Käytännössä kustannukset voivat vaihdella paljonkin, riippuen mm. hakkuupoistuman määrästä ja metsäkuljetusmatkasta. Hakkuutähteiden energiakäytön kannalta ongelma on se, että keruualueet sijaitsevat usein liian kaukana käyttöpaikoista, eikä hakkuutähteistä tehtävä hake toisaalta juuri sovellu pienten paikallisten lämpölaitosten polttoaineeksi. Keruukustannusten pienentämisen näkökulmasta harkinnan arvoinen vaihtoehto joissakin tapauksissa olisi tyytyä hakkuutähteiden kasaamiseen palstalle hakkuutyön yhteydessä, mikä myös estäisi hakkuutähteiden poiskuljettamisen yhteydessä tapahtuvaa ravinnehävikkiä samalla kun kasoille hakkuu pienentäisi hakkuutähteiden haitallista peittävyyttä jäkäläkasvuston päällä. Se, missä tapauksessa hakkuutähteiden keruu on kokonaistaloudellisesti kannattavaa, riippuu mm. hakkuusyklin pituudesta ja alueen laidunarvosta porotaloudelle.

Viitteet

- Laitila J, Repola J, Holmström E (2025) Time consumption models for predicting harvester productivity when selection cutting, thinning from below, and clearcutting Scots pine-dominated stands in Finnish Lapland. *International Journal of Forest Engineering* 36(2):1–16. <https://doi.org/10.1080/14942119.2024.2448935>
- Laitila J, Repola J (2023) Korjuukustannukset Lapin poimintahakkuukohteissa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 45/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 57 s.
- Pekkarinen A.-J., Laitila J, Kumpula J, Hallikainen V, Rautio P, Siitari J, Hoppula S, Aatsinki P, Lahti J, Holmström E (2024) HAKEMA : Hakkuutähteiden keruun mahdollisuudet poro- ja metsätalouden yhteensovittamisessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 38/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 66 s.

Towards a holistic supply chain approach in forest biomass procurement: the framework of synchromodal logistics and its principles

Robert Prinz¹, Blas Mola-Yudego², Gernot Erber

¹Natural Resources Institute Finland (Luke), Joensuu; ²School of Forest Sciences, Faculty of Science, Forestry and Technology, University of Eastern Finland (UEF), Joensuu;
robert.prinz@luke.fi

Addressing the security of supply in the face of global disruptions and uncertainties, there is an urgent necessity for innovative logistics solutions that prioritize efficiency and the safeguarding of a sustainable supply. The presented study aimed to address this gap by exploring the current role of synchromodal principles in forest biomass supply, synthesizing the key elements of the framework, and assessing its potential applicability to the field of biomass and timber logistics.

Synchromodal logistics is an emerging concept that utilizes real-time information to facilitate the efficient transport of goods. To address the unique characteristics of forest biomass handling, this conceptual study introduces a holistic planning framework adapted from the general logistics sector: synchromodality from a supply chain perspective (SSCP). This framework integrates transportation, production, and inventory decisions which enable synchronized and real-time responses to dynamic circumstances.

The procurement and logistics aspects of wood-based materials are increasingly critical within an evolving operational landscape, with big data and data-driven technologies playing a vital role in the adoption of the framework. The coordination among stakeholders in the forest biomass and timber supply sector presents a key challenge. The results advocate for a more comprehensive approach to supply chain management by proposing the incorporation of synchromodal principles in forest biomass supply chains.

The theoretical model developed herein demonstrates the potential of the SSCP framework to synchronize transportation options with other supply chain decisions. While the concept of synchromodal logistics holds great potential in this domain, further research is required to explore its practical implementation.

References

Prinz R, Mola-Yudego B, Erber G (2025) Transferring synchromodal principles to forest biomass supply: A holistic approach to supply chain design. *Res Transp Bus Manag* 61: 101389.
<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2025.101389>.