



Petri Keto-Tokoi¹, Matti Koivula², Timo Kuuluvainen³, Henrik Lindberg⁴, Pekka Punttila⁵, Ekaterina Shorohova² ja Ilkka Vanha-Majamaa²

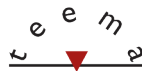
Säästöpuumetsätaloudella monimuotoisuutta talousmetsiin

Keto-Tokoi P., Koivula M., Kuuluvainen T., Lindberg H., Punttila P., Shorohova E., Vanha-Majamaa I. (2021). Säästöpuumetsätaloudella monimuotoisuutta talousmetsiin. Metsätieteen aikakauskirja 2021-10541. Tieteen tori: Fennoskandian talousmetsien monimuotoisuuden turvaamisen keinot. 12 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10541>

Yhteystiedot ¹Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK), Metsätalous, Tampere; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Helsinki; ³Helsingin yliopisto (HY), Metsien ekologia ja käyttö, Helsinki; ⁴Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK), Metsätalous, Hämeenlinna; ⁵Suomen ympäristökeskus (SYKE), Biodiversiteettikeskus, Helsinki

Sähköposti petri.keto-tokoi@tuni.fi

Hyväksytty 14.3.2021



Fennoskandian talousmetsien
monimuotoisuuden turvaamisen keinot

Tieteellisessä Ecological Processes -sarjassa julkaistiin viime vuonna säästöpuumetsätaloutta käsittelevä laaja **teemanumero**. Sen 15 artikkelissa käsiteltiin perinteisille avohakkuille vaihtoehtoisia hakkuumenetelmiä ja niistä kertynyttä tutkimustietoa eri puolilta maailmaa. Tässä artikkelissa käsittelemme erityisesti teemanumeron viiden Fennoskandiaa koskevan artikkelin tuloksia sekä niiden pohjalta havaittuja kehittämistarpeita Suomen metsätalouden säästöpuukäytännöissä. Suomessa hakkuissa jätettävä säästöpuiden määrä, noin 3 m³ ha⁻¹, osoittautui kansainvälisessä vertailussa alhaiseksi, eikä se tutkimustiedon mukaan riitä turvaamaan metsälajiston monimuotoisuutta.

Mitä on säästöpuumetsätalous?

Metsänhoidolle asetetut tavoitteet ovat monipuolistuneet huomattavasti 1980-luvun lopulta lähtien. Metsänhoidon pitäisi kyetä ylläpitämään metsäluonnon monimuotoisuutta, hillitsemään ilmastonmuutosta, vähentämään haittoja vesistöille ja metsän muille käyttömuodoille sekä samanaikaisesti kasvattamaan riittävästi puuta puunjalostuksen raaka-aineeksi ja bioenergiaksi. On käynyt selväksi, että puuntuotantoa varten kehitetyt standardoidut metsänkasvatus- ja uudistamismenetelmät eivät sellaisinaan kykene vastaamaan kaikkiin näihin tarpeisiin.

Vakiintuneet metsänuudistamismenetelmät, avohakkuut sekä siemen- ja suojuspuuhakkuut tuottavat rakenteeltaan yksinkertaisia ja metsiköstä toiseen samankaltaisina toistuvia puustoja. Luonnon erilaiset häiriöprosessit puolestaan jättävät jälkeensä suuresti vaihtelevia määriä eläviä ja kuolleita puita, puuryhmiä ja alikasvoksia. Nämä häiriöissä säästyneet tai syntyneet, laadullisesti ja määrällisesti vaihtelevat puustorakenteet ovat osoittautuneet tärkeiksi metsäluonnon monimuotoisuuden ylläpitäjiksi. Ne synnyttävät suurelta osalta luonnonmetsissä esiintyvän puustorakenteiden ja elinympäristöjen vaihtelevuuden.

Säästöpuiden jättämistä hakkuualoille on pidetty tärkeänä keinona monipuolistaa metsätalouden hakkuutapoja ja yhteensovittaa metsien käytön erilaisia tavoitteita. Yksittäisiä maisema- ja kolopuita on säästetty metsätaloudessa satunnaisesti ennenkin. Kuitenkin vasta 1990-luvun alusta lähtien säästöpuiden käytölle on maailmanlaajuisesti asetettu laajempia ekologisia ja metsänhoidollisia tavoitteita.

Kansainvälisissä yhteyksissä **variable retention harvesting** -käsitteellä kuvataan hakkuutapoja, joissa hakkuualoille jätetään suuresti vaihtelevia määriä eläviä säästöpuita, kuolleita puita, säästöpuuryhmiä ja pieniä koskemattoman metsän laikkuja monimuotoisuuden turvaamiselle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteena on turvata näiden puustorakenteiden sekä niistä riippuvaisten lajien ja ekologisten toimintojen jatkuvuus metsässä hakkuista huolimatta. Olennaista on, että nämä puuston rakenteet jätetään pysyvästi hakkuiden ulkopuolelle, koska niiden kehittymiseen kuluva aika on usein selvästi pidempi kuin metsätaloudessa käytetyt kiertoajat.

Variable retention harvesting -käsitteelle ei ole olemassa vakiintunutta suomenkielistä käännöstä. Ehdotamme tälle hakkuutavalle termiksi **säästöpuuhakkuu**, joka korostaa säästöpuiden merkitystä. Metsähallitus on ainakin vuodesta 2004 lähtien käyttänyt säästöpuuhakkuu-termiä kuvaamaan uudistushakkuutapaa, jossa jätetään säästöpuita selvästi tavanomaisia uudistushakkuuta enemmän metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi. Vuoden 2004 metsätalouden ympäristöoppaan ohjeistuksen mukaan säästöpuuhakkuissa jätetään säästöpuita huolellisesti valittuina ryhminä 20–50 m³ ha⁻¹. Viimeisimmän, vuonna 2018 julkaistun metsätalouden ympäristöoppaan mukaan säästöpuuhakkuu määritellään hakkuuksi, jossa säästöpuustoa jätetään tavoitteellisesti selvästi tavanomaista enemmän: vähintään 20 m³ ha⁻¹ tai 15 % hakkuualueen pinta-alasta. Tyypillisesti Metsähallituksen säästöpuuhakkuiden toteutuksissa jätetään tuo määritelmän mukainen vähimmäismäärä (Kuva 1).



Kuva 1. Metsätalous Oy:n tekemä säästöpuuhakkuu Ylläksellä Kolarissa. Kuva: Petri Keto-Tokoi, Tampereen ammattikorkeakoulu (CC-BY SA 4.0).

Säästöpuuhakkuu -termi vastaa variable retention -konseptia kuitenkin vain silloin, kun säästöpuiden ja kuolleiden puiden määrä ja laatu voivat vaihdella joustavasti hyvin laajoissa rajoissa asetettujen tavoitteiden mukaisesti, esimerkiksi välillä 10–150 m³ ha⁻¹. Tämä vaihteluväli vastaa noin 5–50 % keskimääräisen harvennushakkuin käsitellyn uudistuskypsän puuston tilavuudesta Etelä- ja Keski-Suomessa. Tässä suhteessa antamamme merkityssisältö säästöpuuhakkuu-käsitteelle poikkeaa Metsähallituksen käyttämästä. Suomalaiselle nykymetsätaloudelle tyypillisiä avohakkuita, joille jätetään säästöpuuta 1–2 % puuston tilavuudesta, ei voi kansainvälisen terminologian mukaan pitää säästöpuuhakkuina säästettävien puiden pienen osuuden vuoksi.

Variable retention forestry -käsite kuvaa metsänkäsittelymenetelmää, jonka hakkuissa jätetään toistuvasti vaihtelevia määriä säästöpuuta ja kuollutta puustoa. Ehdotamme käsitteelle suomenkielistä termiä **säästöpuumetsätalous**. Se on eri asia kuin eri-ikäismetsätalous, koska merkittävä osa puustosta jätetään pysyvästi hakkuiden ulkopuolelle ja säästettävät puut ovat usein vanhoja ja suuria. Vaihtelevia määriä säästöpuuta voidaan jättää sekä tasaikäisrakenteisten että eri-ikäisrakenteisten metsien kasvatuksessa. Pitkällä aikavälillä suuri säästöpuiden määrä johtaa kuitenkin metsän rakenteellisen vaihtelun lisääntymiseen.

Säästöpuumetsätalous kehitettiin luoteisessa Pohjois-Amerikassa 1980-luvun lopussa. Se levisi nopeasti ja otettiin 1990-luvun aikana käyttöön eri puolilla maailmaa, kuten Yhdysvalloissa, Kanadassa, Pohjoismaissa, Australiassa, Patagoniassa ja vähän myöhemmin Keski-Euroopassa. Näitä hakkuumenetelmiä on sovellettu vaihtelevasti eri puolilla maailmaa, ja niiden avulla on onnistuttu vähentämään voimaperäisen metsätalouden kielteisiä vaikutuksia.

Säästöpuumetsätalous on metsänkäsittelytapojen suhteen joustava. Sen soveltamistavassa on paljon vaihtelua säästetyn puuston määrän, laadun ja tilajärjestyksen suhteen, riippuen metsän käytön tavoitteista, metsien laadusta sekä metsänkasvatuksen sosiaalisista ja poliittisista puitteista. Menetelmää voidaan soveltaa kaikenlaisiin metsiin ja metsänkasvatustapoihin. Menetelmän toteutuksessa pyritään tyypillisesti huomioimaan alueen metsien luontainen häiriödynamiikka.

Säästöpuiden jättämisellä voidaan pyrkiä moniin erilaisiin tavoitteisiin. Säästöpuiden on ajateltu voivan toimia ”pelastusrenkaina” vanhassa metsässä esiintyville lajeille uudistumisvaiheen aikana, jolloin osa niistä selviytyy niiden avulla sen yli (lifeboating). Monien vanhan metsän valo- ja pienilmasto-oloja vaativien lajien, kuten epiksiyyli- ja epifyttisammalten, hakkuun jälkeinen säilyminen säästöpuuryhmissä on kuitenkin osoittautunut heikoksi. Valo- ja pienilmasto-olosuhteet muuttuvat voimakkaasti melko suurissakin säästöpuuryhmissä. Joidenkin lajiryhmien, kuten mykorritsasienten, selviytyminen puusukupolvesta toiseen voi kuitenkin onnistua. Säästöpuuryhmien jättäminen ei ole osoittautunut tehokkaaksi tavaksi turvata vanhojen sulkeutuneiden metsien pienilmastosta riippuvaisia lajeja. Niiden säilyminen edellyttäisi joko hyvin suuria, vähintään hehtaarin kokoisia säästöpuuryhmiä tai hyvin korkeaa säästöpuiden määrää (yli 50 % puustosta). Vanhoihin metsiin erikoistuneita lajeja turvataankin tehokkaammin suojelemalla vanhoja metsiä ja arvokkaita luontokohteita kokonaisina metsiköinä.

Sen sijaan säästöpuiden jättäminen avohakkuualueille on osoittautunut toimivaksi tavaksi synnyttää elinympäristöjä vanhoista, vaurioituneista, kuolevista ja kuolleista puista riippuvaisille sukkession paisteisen alkuvaiheen lajeille etenkin silloin, kun suureen säästöpuiden määrään yhdistetään kulutus. Luonnonmetsissä nämä lajit ovat eläneet esimerkiksi metsäpalo- ja myrskytuhoalueilla.

Säästöpuuta jättämällä voidaan monipuolistaa metsän rakennetta vanhoilla puuyksilöillä, kolopuilla, vähälukuisilla puulajeilla ja lahpuilla. Samalla tarjotaan näistä rakennepiirteistä riippuvaisille eliöille elinympäristöjä metsän kehityksen eri vaiheissa. Säästöpuiden avulla voidaan myös turvata tiettyjen lintu- ja nisäkäslajien, kuten liito-oravan (*Pteromys volans* L.), tikkojen ja muiden kolopesijöiden, petolintujen, metson (*Tetrao urogallus* L.), teeren (*Lyrurus tetrix* L.) tai pyyn (*Tetrastes bonasia* L.) pesä- ja/tai ravintopuuta. Säästöpuiden avulla voidaan myös lisätä aluetasolla elinympäristöjen kytkeytyvyyttä vanhoilla ja kuolleilla puilla elävien lajien populaatioille.

Säästöpuiden jättämisellä voidaan parantaa lisäksi tiettyjen ekosysteemin toimintojen jatkuvuutta, kuten pölytystä, juurisienten ravinteiden ottoa ja tuholaiskantojen säätelyä. Säästöpuiden avulla voidaan edelleen pyrkiä toteuttamaan vesiensuojelun tavoitteita jättämällä niitä jyrkkiin rinteisiin ja vesistöjen varsille pidättämään maa-aineksia ja ravinteita. Niiden avulla voidaan lieventää uudistushakkuun aiheuttamia maisemallisia muutoksia. Lisäksi säästöpuut lisäävät luontaisen taimiaineksen määrää uudistusosalalla siementämällä ja/tai vesomalla. Tämä voi tavoitteista ja tilanteesta riippuen olla hyödyksi tai haitaksi metsänkasvatukselle. Erilaisten tavoitteiden tulisi johtaa myös erilaisiin ratkaisuihin säästöpuiden määrässä, laadussa ja sijoittelussa. Siksi selkeiden ja harkittujen tavoitteiden asettaminen säästöpuiden jättämiselle on tärkeää, mutta vaatii monipuolista ammattitaitoa.

Esimerkkejä säästöpuukäytännöistä

Kanadassa avohakkuiden säästöpuuohjeet perustuvat pääosin siihen, minkälaisia puustorakenteita luontaiset häiriöt, etenkin metsäpalot, tuottavat. Ohjeisiin vaikuttaa myös alueellisen metsäpaloriskin suuruus. Avohakkuiden haitallisia monimuotoisuusvaikutuksia lieventävää säästöpuustoa jätetään Ontariossa vähintään 2–28 % ja Quebecissa 5 % hakkuualan pinta-alasta, Newfoundlandissa taas 6 % puuston tilavuudesta. Jätettävän säästöpuuston osuudet vaihtelevat muun muassa metsätyypeittäin.

Kanadassa yksittäinen hakkuuala voi valtion mailla olla, provinssista ja metsätyypistä riippuen, enintään 25–260 ha. Näin suuret hakkuualat heikentävät sulkeutuneen metsän lajien elinmahdollisuuksia, elleivät isommat käsittelyalat tarkoita myös hakkuualojen sisällä isompia yhtenäisiä säästöpuualoja. Tällä tavoin toteutettuna aluetasolla nämäkin lajit voisivat säilyä uudistusvaiheiden yli. Kanadassa metsien hakkuut ja hoito on yleensä ohjattu yhtiöille suuria metsäalueita koskevilla pitkäaikaisilla sopimuksilla. Joillakin yhtiöillä on omia, pidemmälle meneviä luonnonhoidon käytäntöjä kuin mitä provinssin asettamat säädökset ja ohjeet edellyttävät.

Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa avohakkuille tyypillisesti jätettävät säästöpuumäärät ovat globaalissa vertailussa alhaisia, sillä vain yksittäisiä puita ja pieniä puuryhmiä jätetään. Ruotsissa ja Norjassa käytännön metsätalous on viime vuosikymmenet ollut samantyyppistä kuin Suomessa, joskin Norjassa metsien hyödyntämisaste on alhaisempi. Ruotsissa 11 % uudistushakkuun käsiteltävästä pinta-alasta jätetään säästöpuuryhmiksi ja muiksi säästokohteiksi. Suomen säästöpuukäytännöt vastaavat pinta-alaksi muunnettuna karkeasti ottaen muutaman prosentin pinta-alaosuutta.

Erot maiden välillä selittyvät osin metsänhoitokäytäntöjä määrittelevien metsäsertifiointijärjestelmien eroilla. Ruotsin talousmetsissä on Suomea laajemmin käytössä tasoltaan vaativampi FSC-metsäsertifiointi. Suomessa valtaosa talousmetsistä on mukana PEFC-metsäsertifioinnissa, jonka vaatimustaso säästöpuiden määrän suhteen on selvästi matalampi. Kansainvälisessä säästöpuuohjeistuksien vertailussa Suomen PEFC-metsäsertifioinnin vaatimustaso on kaikkein matalin säästöpuiden määrän suhteen. Nykyistä suomalaisen metsätalouden vallitsevaa säästöpuukäytäntöä ei voi säästöpuiden vähäisen määrän ja kaavamaisen toteutustavan vuoksi pitää kansainvälisen määritelmän mukaisena säästöpuumetsätaloutena, vaan tavanomaisena avohakkuumetsätaloutena, jossa jätetään pieniä määriä säästöpuuta.

Luoteis-Venäjän niin sanotuissa ”epätäydellisissä” avohakkuissa jätettiin 1960-luvun lopulle asti 10–40 % puustosta korjaamatta. Nykyään nämä metsät ovat uudistushakkuikäisiä, eri-ikäisrakenteisia ja niissä on runsas ja monipuolinen lahoppuusto. Oletettavasti myös niiden lajisto on monimuotoista. Koneen Säätiön tuella vuonna 2021 käynnistytävä lajistotutkimus näissä metsissä tulee selvittämään, mikä metsien monimuotoisuuden tila voisi olla Suomessakin, jos säästöpuustoa, mukaan lukien kaikki kuolleet puut, jätettäisiin enemmän. Luoteis-Venäjän puunkorjuuta

on sittemmin tehostettu. Hakkuualojen koko on nykyään kuitenkin enintään 50 hehtaaria ja niille jätetään säästöpuiden lisäksi 20–25 isoa siemenpuuta hehtaaria kohden, eikä niitä myöhemmin korjata. Säästöpuiden määrä vaihtelee runsaasti, mutta pelkästään siemenpuiden tilavuus on noin 15–25 m³ ha⁻¹. Energiapuun korjuuta ei tehdä, vaan hakkuutähteet kootaan usein yhteen ja poltetaan. Luultavasti nämä käytännöt mahdollistavat metsien monimuotoisuuden säilymisen suomalaista metsänhoitoa paremmin.

Australiassa ja Tasmaniassa eukalyptusmetsien avohakkuut ovat köyhdyttäneet lajistoa. Vaihtoehtoisten hakkuumenetelmien yhteydessä käytetään usein kulotusta vähentämään hakkuiden jälkeistä palokuormaa. Lähes 20 vuoden seuranta-aineistot osoittavat, että suuri säästöpuumäärä, jopa 30–40 % puustosta, ja uudistusalojen kulotus tuottavat monimuotoisuushyötyjä useille eliöryhmille. Säästöpuuryhmien sijoittaminen reunametsän yhteyteen lisää monimuotoisuushyötyjä verrattuna saarekkeiksi jätettyihin säästöpuuryhmiin.

Etelä-Amerikassa etelänpyökkimetsissä (*Nothofagus*) tehdyt tutkimukset osoittavat, että jättämällä samanaikaisesti yksittäisiä säästöpuita ja -puuryhmiä saadaan metsien monimuotoisuus säilymään hakkuiden yhteydessä parhaiten. Tuloksia on sovellettu laajamittaisesti etelänpyökkimetsien käsittelyssä Tulimaassa. Fennoskandian ulkopuolella kokeellisissa hakkuumenetelmissä jätetään yleensä säästöpuustoa hakkuiden yhteydessä jopa 30–40 % puuston tilavuudesta.

Pohjoismaisten metsänkäsittelykokeiden tutkimustuloksia

Eri puolilla maailmaa on 1990-luvulta lähtien perustettu pitkäaikaisia metsien käsittelykokeita, joissa on tutkittu erilaisten säästöpuumäärien ja toteutustapojen ekologisia ja muita vaikutuksia. Ensimmäiseksi niitä perustettiin Yhdysvaltoihin (DEMO) ja Kanadaan (MASS) ja vähän myöhemmin muun muassa Pohjoismaihin ja Australiaan. Nämä tutkimukset ovat tuottaneet 30 vuoden aikana monipuolista tietoa säästöpuuhakkuiden vaikutuksista.

Pohjoismaihin on perutettu useita tällaisia metsien käsittelykokeita, kuten MONTA-, RETREE-, FIRE-, EVO- ja DISTDYN-kokeet Suomessa ja esimerkiksi Effaråsen-kokeet Ruotsissa. Näissä koejärjestelyissä säästöpuiden määrä on vaihdellut suuresti, ja niissä on myös vertailtu erilaisia tasa- ja eri-ikäiskasvatuksen hakkuutapoja. Kokeet ovat pitkäkestoisia ja hakkuutapakäsittelyillä on 3–8 toistoa. Tutkimustulosten perusteella Suomessa yleisesti jätetty elävien säästöpuiden määrä, noin 3 m³ ha⁻¹, on liian pieni metsälajiston monimuotoisuuden ylläpitämiseen.

Pohjoismaiset tutkimustulokset osoittavat, että vanhojen sulkeutuneiden metsien pienilmasto- ja valo-olosuhteista riippuvaisten kasvilajien säilymisen kannalta säästöpuuryhmien minimikoko on 0,6–1,0 ha. Hakkuiden negatiiviset vaikutukset vanhojen sulkeutuneiden metsien erikoistuneeseen lajistoon näkyvät riippuen eliöryhmästä vähintään 10–15 vuotta, kääväkkäiden osalta jopa sata vuotta. Sulkeutuneen metsän pienilmasto-oloja vaativat lajit näyttävät säilyvän uudistusvaiheen yli jättämällä hakkuissa korjaamatta 50–70 % puustosta. Toisaalta vaateliaampi ja uhanalainen lajisto säilyy paikalla vain jättämällä riittävästi eri-lahoasteista kuollutta puuta ja säästämällä isokokoisia eläviä, myöhemmin kuolevia puita järeän lahoppuun jatkumon turvaamiseksi. Hakkuu kuitenkin aina väistämättä vähentää vanhojen, kuolevien ja kuolleiden puiden muodostumista tulevaisuudessa. Siksi suojeleminen on selvästi varmempi tapa säilyttää runsaslahoppuustoisten kangasmetsien monimuotoisuus. Luonnontilaisen kaltaisia, runsaslahoppuustoisia ja suojelevarvoiltaan merkittäviä metsiä ei pidäkään niiden harvinaisuuden vuoksi hakata enää lainkaan.

Hakkuumenetelmällä sinänsä ei näyttäisi olevan yhtä suurta vaikutusta uhanalaiselle ja erikoistuneelle lajistolle kuin tiettyjen luonnonmetsille ominaisten rakennepiirteiden, kuten järeiden vanhojen ja kuolleiden puiden, säilymisellä. Säästöpuiden jättäminen on aina hyödyllistä lajiston monimuotoisuuden kannalta hakkuutavasta riippumatta. Kuolleiden puiden säästäminen ja lisääminen esimerkiksi tekopötkkelöiden avulla hakkuiden yhteydessä, vanhojen puiden jättäminen ja sekapuustoisuuden suosiminen ovat ensiarvoisen tärkeitä metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamisen kannalta.

Metsäpalojen ja kulotusten pinta-alat ovat vähentyneet Suomessa viime vuosikymmeninä. Tämä on johtanut paloista riippuvaisten lajien ja elinympäristöjen taantumiseen ja uhanalaistumiseen. Kulutus yhdistettynä riittävään säästöpuuston määrään on tutkimusten perusteella osoittautunut erinomaiseksi monimuotoisuuden turvaamisen menetelmäksi ja siksi sen käyttöä tulisi merkittävästi lisätä.

Ecological processes -lehden teemanumeron Suomea ja Fennoskandiaa käsitelleiden artikkelien perusteella ehdotamme tutkimuksen suuntaamista jatkossa enemmän maisema- ja populaatiotasolle, sekä suosittelemme toimenpiteitä Fennoskandian talousmetsien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi (ks. tietolaatikko tehokkaista toimenpiteistä säästöpuita ja kuolleita puuta koskevien käytäntöjen kehittämiseksi).

Säästöpuiden jättämiselle kohdekohtaiset tavoitteet

Suomessa säästöpuita jätetään käytännön hakkuutoiminnassa yleensä kaavamaisesti PEFC- tai FSC-metsäsertifioinnin kriteerien edellyttämä kappalemäärä. Metsäsertifioinnin edellyttämä säästöpuiden määrä ei kuitenkaan perustu mihinkään ekologiseen tutkimustietoon, vaan tavoitteena vaikuttaa olleen se, ettei metsänomistajalle tule merkittäviä tulonmenetyksiä, etteivät säästöpuut haittaa hakkuita tai maanmuokkausta eivätkä pienennä kilpailullaan uuden puusukupolven puuntuotosta. Sopivaa säästöpuiden lukumäärää on tähän asti määritelty pikemminkin metsätaloudelle aiheutuvien haittojen minimoimisen kuin säästöpuilla saavutettavien ekologisten hyötyjen perusteella.

Uudistushakkuissa jätetään pieniä määriä säästöpuita melko kaavamaisesti kaikille hakkuualoille. Tällainen käytäntö voi olla puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen kannalta halpaa ja operatiivisesti tehokasta. Monimuotoisuuden turvaamisen kannalta se ei kuitenkaan ole ollut tehokasta. Nykyisellä talousmetsien luonnonhoidolla ei ole onnistuttu olennaisesti parantamaan uhanalaisten metsälajien kokonaistilannetta, vaikka luonnonhoitoa on harjoitettu 30 vuoden ajan. Vaikuttavampien toimintatapojen kehittämiseksi on ilmeinen tarve.

Säästöpuita tai säästöpuuryhmiä ei useimmiten suunnitella etukäteen, eikä niiden jättämiselle aseteta erityisiä kohdekohtaisia tavoitteita, vaan hakkuukoneen kuljettaja valitsee ne hakkuun edetessä. Tavoitteiden ja suunnittelun puutteen vuoksi säästöpuiden jättämisessä ei usein oteta huomioon kohteen luonnonhoidollisia mahdollisuuksia. Samat kymmenen kappaletta säästöpuita jätetään, vaikka luontoarvot hakattavassa leimikossa ja sen ympäristössä olisivat korkeat ja säästöpuiksi hyvin soveltuvia puuyksilöitä olisi kymmenittäin. Parhaita säästöpuiksi soveltuvia puuyksilöitä ei välttämättä tunnisteta eikä säästetä. Säästöpuiksi jätetään usein terveitä, elinvoimaisia ja pienikokoisia mäntyjä (*Pinus sylvestris* L.), joista ei ole monimuotoisuuden turvaamiselle juuri hyötyä ainakaan seuraavaan sataan vuoteen, jos ne pysyvät elossa ja pystyssä. On valitettavan yleistä, että saman hakkuun tienvarren aines- tai energiapuupinosta voi löytyä paremmin monimuotoisuutta turvaaviksi säästöpuiksi soveltuvia runkoja, esim. järeitä haapoja (*Populus tremula* L.) tai raitoja (*Salix caprea* L.). Tätä ongelmaa vähentäisi se, että myös PEFC-metsäsertifioinnin säästöpuukriteerissä määriteltäisiin selvästi, millaiset monimuotoisuuden turvaamisen kannalta erityisen arvokkaat puuyksilöt ovat aina säästettäviä säästöpuita. FSC-metsäsertifioinnin säästöpuukriteerissä näin on tehty.

Metsätalouden suositus säästöpuiden jättämisestä ensisijaisesti ryhmiin perustuu ennen kaikkea hakkuutyön ja maanmuokkauksen helpottumiseen, pienempään kilpailuvaikutukseen ja parempaan tuulenkestävyyteen sekä mahdollisuuteen jättää säästöpuuryhmän yhteyteen riistatiheikkö. Ryhmiin jättäminen esitetään luonnon monimuotoisuuden turvaamisen ja metsätalouden toiminnan kannalta kustannustehokkaimpana ratkaisuna. Tutkimustiedon perusteella ei ole kuitenkaan mitenkään yksiselitteistä, että ryhmiin jättäminen olisi aina ekologisilta vaikutuksiltaan parempi vaihtoehto. Riippuu paljon säästöpuille asetetuista tavoitteista, onko perustellumpaa jättää ne ryhmiin vai yksittäin hajalleen (Taulukko 1). Paras kokonaisvaikutus monimuotoisuuden turvaamisen kannalta saavutetaan todennäköisesti jättämällä osa säästöpuista ryhmiin ja osa hajalleen, joko saman hakkuualan sisällä tai vaihtelemalla toteutustapaa leimikosta toiseen. Monimuotoisuuden

Taulukko 1. Uudistusalan säästöpuuston vaikutus eri muuttujiin yksittäin hajalleen tai puuryhmiin jätettynä. Tarkastelussa mukana useita ekologisia ja korjuuteknisiä tavoitteita. Vertailuissa oletetaan sama säästöpuumäärä koko uudistus-
tusalalle; oletuksena on 20–50 m³ ha⁻¹. Vasemmalla muuttujavertailut, joita pohjoismaainen tutkimus tukee (tarkemmin, ks. Koivulan ja Vanha-Majamaan katsaus); oikealla päättelyyn perustuvat¹, mutta pohjoismaista tutkimusnäyttöä kaipaavat muuttujien vertailut.

Muuttuja	Säästöpuuston jättäminen		Muuttuja	Säästöpuuston jättäminen	
	Yksittäin hajalleen	Ryhmittäin		Yksittäin hajalleen	Ryhmittäin
Pien- ja valoilmaston muutosta lieventävä vaikutus	Vähäisempi, mutta tasaisesti koko metsikössä	Suurempi, mutta paikallisempi	Vaikutus maaperän vesitalouteen	Vähäisempi, mutta tasaisesti koko metsikössä	Suurempi, mutta paikallisempi
Suurikokoisten puiden säästäminen	Keskeisempää	Vähemmän keskeistä	Puiden juuriston ja maata sitova vaikutus	Vähäisempi, mutta tasaisesti koko metsikössä	Suurempi, mutta paikallisempi
Pötkelöiden säästäminen	Vaikeaa, etenkin pitkälle lahonneiden osalta	Sisällytettävissä, myös pitkälle lahonneiden osalta	Territoriaalisten kolopesijälajien kannantiheys	Korkeampi	Alhaisempi
Maalahopuiden säästäminen	Vaikeaa	Mahdollista, etenkin puuryhmissä	Säästöpuiden herkkyys tuulenskaadoille	Keskimääräinen tuulenkesto heikompi, lähipuut eivät suojaa	Keskimääräinen tuulenkesto parempi, lähipuut suojaavat
Muuttamattoman metsänpohjan ja aluskasvillisuuden säilyttäminen	Ei mahdollista	Mahdollista, laajuus riippuu säästöpuuryhmien koosta	Joustavuus metsänuudistamisessa (maanmuokkaus) ja nuorten metsien hoidossa	Vähemmän	Enemmän
Puiden tuottaman energian varassa elävän maaperäeliöstön säilyminen, esim. juurisienet	Laajalla alueella toteutettuna	Vain paikallisesti	Korjuukustannukset avohakkuuseen nähden	Selvästi kalliimpaa	Hieman kalliimpaa
Rakenteeltaan luonnontilaisen kaltaisten metsikkölaikkujen säästäminen	Ei mahdollista	Mahdollista	Turvallisuusongelmat (kohteessa liikkumisessa)	Enemmän	Vähemmän
Tasaisesti jakautunut järeän pysty- ja maalahopuun tuotto	Kyllä	Ei	Vaikutukset uudistetun metsän kasvuun	Enemmän, tasaisesti koko alalla	Vähemmän, vaikutukset paikallisempia
Maisemahaittaa lieventävä vaikutus käsittelyalalla	Enemmän	Vähemmän	Luontaisen uudistamisen onnistuminen	Todennäköisempää ja tasaisemmin	Vaikeampaa, todennäköisintä lähellä puuryhmiä

¹ Muokattu Suomen oloihin lähteestä: Franklin JF, Berg DR, Thornburgh DA, Tappeiner JC (1997) Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. Julkaisussa: Kohm KA, Franklin JF (toim) (1997) Creating a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management. Island Press, ss 111–139.



Kuva 2. Haapasäästöpuuryhmiä uudistushakkuualalla. Kuva: Petri Keto-Tokoi, Tampereen ammattikorkeakoulu (CC-BY SA 4.0).

turvaamisen näkökulmasta arvokkaimmiksi tiedetyt puuyksilöt tulisi säästää aina kun niitä esiintyy, riippumatta siitä, voidaanko ne rajata ryhmiin vai ei (Kuva 2).

Hakkuuala säästöpuineen on aina vuorovaikutteinen osa sen ympärillä olevaa metsämaisemaa. Ympäröivän metsäalueen luontotyytit, puuston rakenteet ja niillä elävät lajit määrittelevät pitkälti sen, mitkä lajit hakkuualan säästöpuista ja kuolleista puista voivat hyötyä ja niitä asuttaa. Metsämaisemat voivat olla tässä suhteessa hyvin erilaisia. Tämä maisemaekologinen perusta pitäisi ottaa nykyistä selvästi paremmin huomioon luonnonhoidon tavoitteiden määrittelyssä. Säästöpuiden jättämisen ensisijaisten tavoitteiden tulisi ohjata jätettävien puiden määrää, valintaa ja sijoittelua.

Jos säästöpuuryhmillä halutaan tukea sulkeutuneen metsän lajeja, pitäisi säästöpuuryhmien olla suuria ja sijaita mielellään hakkuualan varjoisalla pohjoiseen avautuvalla reunalla. Ottamalla rajauksessa huomioon maaston muodot ja vallitseva tuulensuunta voidaan suosia tuulensuojaista sijaintia. Jättämällä säästöpuuryhmän reunoille myös pienempää puustoa voidaan lisätä varjostusta ja vähentää tuulenskaatoriskiä.

Jos tavoitellaan puuston rakenteen monipuolistamista vanhoilla ja järeillä puuyksilöillä, on tärkeää säästää nimenomaan niitä sekä valita säästöpuiksi muita sellaisia puuyksilöitä, joilla on hyvät edellytykset pysyä kauan hengissä ja kehittyä vanhoiksi. Tällöin ne käyvät läpi hitaan vanhenemis-, kuolemis- ja lahoamisprosessin. Tällaisilla säästöpuilla on pitkä elinkaari: ensin aukealla hakkuualalla, sitten taimikossa ja lopulta jälleen sulkeutuneessa metsässä ennen seuraavan uudistushakkuun jälkeistä aukkovaihetta. Säästöpuilla elävät lajit muuttuvat puun ja ympäristön olosuhteiden muuttuessa. Nämä vanhat ja kookkaat puut myös hyödyttävät monenlaista lajistoa.

Jos tavoitellaan ennen kaikkea sukkession alkuvaiheen paisteisten lahoppuympäristöjen tuottamista häiriöistä hyötyville lajeille, säästöpuut olisi hyvä jättää hajalleen tai pieniin ryhmiin ja mahdollisuuksien mukaan kulottaa hakkuualue. Tällöin kuolleita puita syntyy nopeasti paljon ja pienilmasto-olot ovat hyvin paisteiset ja lämpimät mustuneen maapohjan vuoksi. Kulotettaville aloille tulisi jättää paljon säästöpuita, 10–20% puuston tilavuudesta. Suuremmalla säästöpuiden määrällä ja isommilla ryhmillä puiden kuolleisuus jakautuu pidemmälle ajalle ja syntyy parempi paikallinen lahoppuujatkumo.

Jos säästöpuita jätetään hyödyttämään juuri tiettyjä lajeja, niiden valinnassa ja sijoittelussa tulee ottaa huomioon kyseisten lajien elinympäristövaatimukset ja käyttäytyminen. Liito-orava hyötyy eniten metsän sisälle kasvatushakkuissa jätetyistä kolohaavoista ja niitä suojaavista kuuksista (*Picea abies* (L.) H. Karst.). Aukolle säästöpuuryhmään jätetyt liito-oravan pesäpuut yleensä

autioituvat. Päiväpetolinnuille tulisi jättää pesäpuiksi soveltuvia haaraisia ja vankkaoksaisia puuyksilöitä kyseiselle lajille soveltuviin metsiköihin sekä leveydeltään lajikohtaisia suojavöhykkeitä niiden pesäpuiden ympärille. Jos säästöpuiden jättämisellä halutaan tukea metsäkanalintuja, tulisi metsoille jättää hakomismännyt sekä vanhoja mäntyjä ja haapoja säästöpuiksi, teerille isoja koivuryhmiä (*Betula*) avohakkuualojen keskelle ja pyille leppiä (*Alnus*), koivuja ja kuusi-tiheikköjä kuusimetsän sisälle tai reunaan. Nämä ovat vain muutamia esimerkkejä tilanteista, joissa tiettyyn lajiin kohdistuva luonnonhoidon tavoite johtaa erilaiseen tapaan valita ja jättää säästöpuita.

Jos säästöpuilla tavoitellaan vesiensuojellullisia hyötyjä, ne tulee keskittää maastonkohtiin, jotka ovat eroosioherkkiä ja joiden kautta virtaa merkittäviä määriä valumavesiä. Tällaisia ovat esimerkiksi jyrkät rinteet syöpymisherkillä maalajeilla ja vettä keräävät ja johtavat notkelmat. Säästöpuuston keskittäminen vesistöjen suojavöhykkeille on hyvin perusteltua. Suojavyöhykkeiden tulisi olla leveimpiä sellaisilla rantajakoilla, joiden kautta purkautuu erityisen paljon pinta- tai pohjavesiä.

Jos säästöpuilla tavoitellaan uudistusalan maisemaa parantavaa vaikutusta, maisemiarvostustutkimusten tulosten mukaan hajalleen jätettyinä sama määrä säästöpuita tuottaa suuremman maisemaa parantavan vaikutuksen kuin ryhmiin jätettyinä. Säästöpuiden tulisi olla myös järeitä ja latvuksiltaan hyväkuntoisia ja niitä pitäisi olla melko runsaasti, jotta maisemaa parantava vaikutus olisi merkittävä. Maisemaa voidaan toki parantaa myös säästöpuuryhmien avulla, etenkin jättämällä suuria säästöpuuryhmiä etualalle lähelle katselupistettä tai muihin maiseman kannalta tärkeisiin kohtiin, kuten uudistusalan suorille rajoille ja kapeikkoihin.

On selvää, että kaikilla uudistusaloilla ei kannata eikä ole edes mahdollista tavoitella kaikkia näitä asioita. Siksi säästöpuiden käytölle on hyvä määritellä selkeät kohdekohtaiset tavoitteet. Niiden on hyvä olla laadullisesti ja määrällisesti erilaisia metsäalueen eri osissa ja eri metsäalueiden välillä. Luonnonhoidolle voidaan mielekkäimmin asettaa tavoitteita alue-ekologisten tarkastelujen pohjalta. Niissä kootaan ja analysoidaan paikkatietoa, metsävaratietoa ja muuta inventointitietoa laajemman aluekokonaisuuden luonnon erityispiirteistä, suojelualueista, arvokkaista luontokohteista, uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien esiintymistä ja niiden elinympäristövaatimuksista. Alue-ekologisissa tarkasteluissa tunnistetaan alueellisesti merkittäviä monimuotoisuuskeskittymiä sekä analysoidaan, minkälaisia lajeja niissä esiintyy ja millaisia puustorakenteita ne tarvitsevat elinympäristökseen.

Metsävaratiedon tuottamisen kaukokartoitusmenetelmiä täytyy kehittää siten, että ne tuottavat nykyistä selvästi paremmin luonnonhoidon ohjaamisen ja tavoitteenasettelun kannalta käytökelpoista tietoa. Sitä tarvitaan sekä leimikkotason puunkorjuun suunnitteluun, muun muassa säästöpuuryhmien ennakkosuunnitteluun, että laajempien metsäalueiden luonnonhoidon tavoitteiden määrittelyyn.

Säästöpuiden jättämistä ja kuolleen puuston säästämistä tulee voimakkaasti keskittää suojelualueiden ja arvokkaiden luontokohteiden keskittymien lähiympäristöön. Populaatiobiologinen tutkimustieto osoittaa, että tällä saavutetaan paljon suurempi positiivinen vaikutus uhanalaisten ja silmälläpidettävien metsälajien populaatioihin kuin lisäämällä hieman vanhojen ja kuolleiden puiden määrää koko metsäpinta-alalla. Sellaisten luontoarvokeskittymien ympäristössä, joissa edelleen esiintyy uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien populaatioita, tulee pyrkiä keskitetysti pitkällä aikavälillä selvästi nykyistä korkeampaan, yli 20 m³ ha⁻¹ kuolleen puun määrään. Tällaiset tehostetun luonnonhoidon alueet voisivat kattaa esimerkiksi 20 % metsäpinta-alasta. Niillä säästöpuustoksi ja kuolleeksi puustoksi säästetään tai tuotetaan aktiivisesti sellaisia puuyksilöitä, joita kyseisessä metsämaisemassa esiintyvät suojeluarvoltaan merkittävimmät lajit tarvitsevat elinympäristökseen. Tämä lisäisi säästöpuilla ja kuolleen puuston säästämällä saavutettavat hyödyt todennäköisesti moninkertaisiksi nykyiseen vallitsevaan luonnonhoidollisten toimenpiteiden hajautuskäytäntöön verrattuna.

Taulukko 2. Säästöpuista muodostuvan kuolleen puuston tasapainotilavuus erilaisilla säästöpuumäärillä. Laskelman oletukset: säästöpuita jätetään kiertoajan lopussa, kiertoaika on 100 vuotta, kuolleiden puiden lahoamisnopeus on 3 %, kuolleita puita ei korjata eikä tuhoutu metsätalouden toimenpiteissä.

Säästöpuita (m ³ ha ⁻¹)	Kuolleen puun tasapainotilavuus (m ³ ha ⁻¹)
5	1,7
10	3,3
15	5,0
20	6,7
25	8,3
30	10,0
35	11,7
40	13,3
45	15,0
50	16,7
60	20,0

Puiden kuoleminen lisää kuolleiden puiden määrää metsässä ja niiden lahoaminen vähentää sitä. Kuolleen puuston kokonaistilavuus metsässä on dynaaminen ja se määräytyy puiden kuolemisnopeuden ja lahoamisnopeuden yhteisvaikutuksesta. On syytä huomata, että 20 m³ ha⁻¹ suuruista kuolleen puuston määrää ei ole mahdollista saavuttaa pelkästään jättämällä uudistushakkuualoille 20 m³ ha⁻¹ säästöpuita kerran kiertoajassa. Sadan vuoden kiertoajalla tuon suuruinen säästöpuiden määrä johtaa pitkällä aikavälillä 6,7 m³ ha⁻¹ suuruiseen keskimääräiseen kuolleen puun tilavuuteen, jos kuollutta puustoa muodostuu vain säästöpuiden kuolemisen seurauksena. Pelkästään säästöpuita jättämällä 20 m³ ha⁻¹ suuruiseen kuolleen puuston tilavuuteen pääseminen edellyttäisi, että uudistushakkuissa jätetään 60 m³ ha⁻¹ säästöpuita sadan vuoden välein, kun kuolleiden puiden lahoamisnopeus on 3 % (Taulukko 2). Yli 20 m³ ha⁻¹ kuolleen puun tavoitteen saavuttaminen pelkkien säästöpuiden avulla edellyttäisi näin ollen varsin korkeita säästöpuiden määriä. Näissä laskelmissa on otettu huomioon vain kuolleiden puiden syntynopeus (olettaen se samaksi kuin säästöpuiden jättönopeus) ja lahoamisnopeus, mutta ei säästöpuiden ja kuolleiden puiden hävikkiä puunkorjuussa ja maanmuokkauksessa. Hävikki on uudistushakkuissa kymmenien prosenttien suuruusluokkaa.

Realistisempi vaihtoehto lisätä kuolleen puun määrää talousmetsissä on yhdistelmä erilaisia toimenpiteitä. Kuolleen puun 20 m³ ha⁻¹ tilavuustavoite voidaan saavuttaa sadan vuoden kiertoajassa esimerkiksi säästämällä kaikki luontaisesti kuolevat puut, jättämällä uudistushakkuissa 30 m³ ha⁻¹ säästöpuita ja tekemällä kaikissa uudistus- ja harvennushakkuissa vähintään 3 m³ ha⁻¹ tekopötkkelöitä. Tämä olisi parempi vaihtoehto myös kuolleen puuston monimuotoisuuden kannalta, sillä näin toimien syntyy parempi lahoppuujatkumo ja useammilla eri tavoilla syntyneitä kuolleita puita metsänkasvatuksen eri vaiheissa. Monimuotoisuuden lisäämisalueiden kuolleen puun määrätavoite kannattaa kuitenkin asettaa suuremmaksi kuin 20 m³ ha⁻¹, sillä alueiden ekologinen vaikuttavuus paranee, kun kuolleen puun määrä kasvaa. Lisäksi puunkorjuussa ja maanmuokkauksessa tapahtuu kuolleen puun hävikkiä silloinkin, kun sitä pyritään välttämään.

Tietolaatikko

Tehokkaita toimenpiteitä säästöpuita ja kuolleita puita koskevien käytäntöjen kehittämiseksi

Kaikki kuolleet puut tulisi säästää, välttää yksittäistenkin lahopuiden tuhoutumista ja kiertää lahopuukeskittymät – kunhan toimet eivät merkittävästi nosta kirjanpainajariskiä.

Pystykuivien, tuulenkaatojen ja muiden kuolleiden puiden korjuuta polttopuiksi ja energiapuiksi tulisi välttää.

Teknisesti vialliset tai muuten taloudellisesti vähäarvoiset elävät puut tulisi jättää korjaamatta.

Vanhojen ja kookkaiden säästöpuiden määrää tulisi lisätä.

Säästöpuuston minimimäärän tulisi olla 5–10 % puuston kokonaistilavuudesta.

Metsäsertifiointijärjestelmiä tulisi kehittää paremmin luonnon monimuotoisuutta huomioivaksi. Esimerkiksi PEFC-metsäsertifioinnissa tulisi määritellä aina säästettävät säästöpuut ja palauttaa säästöpuiden minimiläpimitta vanhan käytännön mukaiseen 20 senttimetriin.

Säästöpuuryhmien kokoa tulisi kasvattaa ja sijoittaa niitä monimuotoisuuden kannalta tärkeisiin kohteisiin, kuten lahopuukeskittymiin ja korpipainanteisiin.

Säästöpuita tulisi valita ja säästää jo taimikonhoidon ja harvennushakkuiden yhteydessä, koska silloin on paremmat edellytykset valita säästöpuiksi hyvin soveltuvia puulajeja ja -yksilöitä. Tämä voidaan toteuttaa jättämällä ne riistatiheikköihin, jotka erottuvat käsittelemättöminä laikkuina myöhemmissä hakkuissa ja/tai päivittämällä ne pistemäisinä kohteina kuviotietoihin.

Säästöpuita ei tule korjata myöhemmin esimerkiksi polttopuiksi, silloinkaan kun ne kuolevat tai kaatuvat.

Säästöpuita ei tule korjata myöhemmissäkään hakkuissa.

Tekopötkkelöiden ja -maapuiden määrää tulisi lisätä uuden lahopuun tuottamiseksi uudistus- ja kasvatushakkuiden yhteydessä. Tekopötkkelöiden tekeminen keskitetään leimikkokohtaisesti tiettyyn puulajiin.

Arvokkaat elinympäristöt, kuten korpipainanteet, joita kuviotiedoissa ei välttämättä ole eroteltu, tulisi jättää kokonaan hakkuiden ulkopuolelle.

Säästöpuustoisten alueiden kulotuksia ja ennallistamispolttoja sekä luonnon- ja metsänhoidollisia kulotuksia tulisi lisätä.

Metsäpalo- ja myrskytuhokohteista tulisi nykyistä useammin perustaa suojelualueita.

Yksityismetsätalouden tukijärjestelmää tulisi uudistaa rohkaisemaan metsänomistajia kulotuksen käyttöön.

Säästöpuiden jättämisessä tulee siirtyä sapluunamaisista vakiototeutuksista vaihteleviin ja tavoitteellisiin toteutuksiin. Luonnonhoidon suosituksia, metsäsertifioinnin kriteerejä ja metsätalouden kannustejärjestelmiä tulee kehittää tätä muutosta tukevaan suuntaan.

Lähteitä

Gustafsson L, Hannerz M, Koivula M, Shorohova E, Vanha-Majamaa I, Weslien J (2020) Research on retention forestry in Northern Europe. *Ecol Process* 9, article id 3. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0208-2>.

Koivula M, Vanha-Majamaa I (2020) Experimental evidence on biodiversity impacts of variable retention forestry, prescribed burning, and deadwood manipulation in Fennoscandia. *Ecol Process* 9, article id 11. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0209-1>.

Kuuluvainen T, Lindberg H, Vanha-Majamaa I, Keto-Tokoi P, Punttila P (2019) Low-level retention

- forestry, certification and biodiversity: case Finland. *Ecol Process* 8, article id 47. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0198-0>.
- Lindberg H, Punntila P, Vanha-Majamaa I (2020) The challenge of combining variable retention and prescribed burning in Finland. *Ecol Process* 9, article id 4. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0207-3>.
- Shorohova E, Sinkevich S, Kryshen A, Vanha-Majamaa I (2019) Variable retention forestry in European boreal forests in Russia. *Ecol Process* 8, article id 34. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0183-7>.