Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 51/2016

Biotalousskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin

Kari T. Korhonen, Ari-Pekka Auvinen, Saija Kuusela, Pekka Punttila, Olli Salminen, Juha Siitonen, Petri Ahlroth, Jukka-Pekka Jäppinen ja Taneli Kolström

Luke
LUONNONVARAKESKUS

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2016

Biotalousskenaarioiden mukaisten hakkuiden vaikutukset metsien monimuotoisuudelle tärkeisiin rakennepiirteisiin

Kari T. Korhonen, Ari-Pekka Auvinen, Saija Kuusela, Pekka Punttila, Olli Salminen, Juha Siitonen, Petri Ahlroth, Jukka-Pekka Jäppinen ja Taneli Kolström

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016

ISBN: 978-952-326-293-5 (Painettu)
ISBN: 978-952-326-294-2 (Verkkojulkaisu)
ISSN 2342-7647 (Painettu)
ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)
URN: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-294-2
Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)
Kirjoittajat: Kari T. Korhonen, Ari-Pekka Auvinen, Saija Kuusela, Pekka Punttila, Olli Salminen, Juha Siitonen, Petri Ahlroth, Jukka-Pekka Jäppinen ja Taneli Kolström
Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016
Julkaisuvuosi: 2016
Kannen kuva: Juha Siitonen
Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, http://luke.juvenesprint.fi

Tiivistelmä

Kari T. Korhonen[1)], Ari-Pekka Auvinen[2)], Saija Kuusela[3)], Pekka Punttila[3)], Olli Salminen[4)], Juha Siitonen[4)], Petri Ahlroth[3)], Jukka-Pekka Jäppinen[3)] ja Taneli Kolström[1)]

[1)] Luonnonvarakeskus (Luke), Yliopistokatu 6, 80100 Joensuu
[2)] Suomen ympäristökeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu
[3)] Suomen ympäristökeskus, PL 40, 00251 Helsinki
[4)] Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Tässä raportissa tarkastellaan mallilaskelmiin perustuen Suomen metsien keskeisten rakennepiirteiden kehitystä vuoteen 2055 mennessä kolmen vaihtoehtoisen hakkuuskenaarion toteutuessa. Perusskenaariossa kotimaisen runkopuun hakkuukertymä nousee nykytasosta noin 65 miljoonasta kuutiometristä 73 miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Politiikkaskenaariossa runkopuun hakkuukertymä nousee lähes 80 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2035 mennessä. Kolmantena vaihtoehtona tarkastellaan puuntuotannollisesti suurinta kestävää hakkuukertymää, jossa runkopuun kertymä olisi 88 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Eri hakkuuskenaarioiden monimuotoisuusvaikutuksia tarkastellaan metsien keskeisten rakennepiirteiden muutosten osalta. Näistä puuston rakenteen, metsien ikärakenteen ja kuolleen puun määrän kehitykselle laskettiin eri hakkuuskenaarioiden mukaiset malliperustaiset arviot. Mallinnuksessa käytettiin Metsäntutkimuslaitoksessa (nykyisin Luonnonvarakeskus) kehitettyä MELA-ohjelmistoa.

Politiikka- ja suurin kestävä -skenaarioissa vanhojen järeiden puiden tilavuus laski ensin uudistamisen johdosta, mutta kääntyi myöhemmin nousuun. Perusskenaariossa vanhojen, järeiden puiden tilavuus kasvoi koko tarkastelujakson ajan. Erot skenaarioiden välillä olivat suurimmat Etelä-Suomen havupuiden osalta. Huomattava osa vanhojen puiden tilavuuden kasvusta selittyy säästöpuilla. Vanhojen järeiden puiden lisääntyminen olisi toteutuessaan monimuotoisuuden kannalta myönteinen kehityssuunta.

Hakkuiden lisääminen puuntuotannollisesti suurimman kestävän hakkuumahdollisuuden tasolle johtaisi etenkin Etelä-Suomen metsien nuorentumiseen, millä olisi negatiivisia monimuotoisuusvaikutuksia. Perus- ja politiikkaskenaarioiden mukaisilla hakkuiden tasoilla metsien ikärakenne ei Etelä-Suomessa merkittävästi muuttuisi, mutta Pohjois-Suomessa vanhojen, yli 120-vuotiaiden metsien osuus kasvaisi. Näillä hakkuutasoilla vanhojen metsien ja muiden arvokkaiden elinympäristöjen määrää ja laatua voitaisiin kohentaa nykyisestä ohjauskeinojen ja metsätalouden toimintatapojen muutoksen avulla.

Kaikilla tarkastelun hakkuutasoilla metsien kuolleen puuston lisääminen nykytasosta olisi mahdollista, mikäli kuollutta puuta pystyttäisiin säästämään hakkuissa. Arvokkaiden luontokohteiden jättäminen kokonaan metsätaloustoimien ulkopuolelle olisi lisäksi tehokas tapa lisätä niissä olevan kuolleen ja järeän vanhan puuston määrää.

Laskelmissa ei pystytty tarkastelemaan kaikkia toimintamalleja. Esimerkiksi metsien käsittely eri-ikäisrakenteisen metsänkasvatuksen mallin mukaisesti tai puuntuotannon tehostaminen metsien lannoituksella eivät olleet tarkasteluissa mukana.

Keskeisiksi ohjauskeinoiksi ja metsätalouden toimintatapojen kehittämiskohteiksi tunnistettiin kuolleen puuston säästäminen hakkuissa nykyistä paremmin, vanhojen metsien ja arvokkaiden luontokohteiden suojelun edistäminen esimerkiksi METSO-ohjelman tarkoituksenmukaisella resursoinnilla, puun korjuun välttäminen arvokkailta luontokohteilta, järeiden elävien säästöpuiden lisääminen uudistushakkuissa ja luonnonhoidollinen kulotus. Raportin keskeinen päätelmä on, että kaikkia näitä monimuotoisuuden edistämiskeinoja tulisi tehostaa biotalouden ekologisen kestävyyden varmistamiseksi.

Asiasanat: Biotalous, ekologinen kestävyys, MELA-ohjelmisto, metsät, monimuotoisuus

Sisällys

Tiivistelmä **3**

1. Johdanto **5**

2. Metsien tila **6**

2.1. Puuston määrä ja rakenne 6

2.2. Metsien ikärakenne 8

2.3. Kuollut puusto 9

2.4. Lajisto 10

3. Kehitysskenaariot ja niiden arvioidut monimuotoisuusvaikutukset **13**

3.1. Laskelmissa käytetyt puunkäytön skenaariot 13

3.2. Puuston määrän ja rakenteen kehitys 16

3.3. Metsien ikärakenteen kehitys 20

3.4. Kuolleen puuston kehitys 21

3.5. Metsäiset luontotyypit 24

3.6. Mallilaskelmiin liittyviä varauksia 25

4. Keinoja edistää metsien monimuotoisuutta **26**

4.1. Elävät säästöpuut 26

4.2. Kuolleen puun säästäminen 27

4.3. Arvokkaiden luontokohteiden säästäminen 28

4.4. Luonnonhoidollinen kulotus 29

4.5. METSO-toimintaohjelma 30

Viitteet **32**

Liite 1. Puuntuotannon rajoitukset **36**

1. Johdanto

Suomi on sitoutunut sekä EU-maiden että kansainvälisen yhteisön tavoitteeseen pysäyttää monimuotoisuuden väheneminen vuoteen 2020 mennessä. Vireillä olevien biotalouden investointisuunnitelmien ja jo tehtyjen investointipäätösten seurauksena puun käytön ja siten hakkuumäärien ennakoidaan kasvavan Suomessa. Tähän liittyen maatalous- ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikainen kutsui keskeisten sidosryhmien edustajat metsäasioita koskeneeseen pyöreän pöydän keskusteluun 22.1.2016. Tilaisuuden tarkoituksena oli keskustella eri osapuolten näkemyksistä metsäluonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden kehityksestä sekä metsien käytöstä ja suojelusta.

Kutsukirjeessä todettiin, että ”*puun käyttöä halutaan monipuolistaa ja lisätä 15 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa samalla puun jalostusarvoa kasvattaen*”, ja että ”*puun käyttöä lisättäessä on samalla kyettävä varmistamaan metsien hoidon ja käytön taloudellinen, sosiaalinen ja ekologinen kestävyys*”. Tilaisuudessa Metsäteollisuus ry haastoi Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhdessä kertomaan, mikä on Suomen metsien tila ja miten ennakoitu puun käytön lisääminen tulee nykytiedon valossa vaikuttamaan metsiemme kehitykseen. Lisäksi tutkijoita haastettiin kertomaan, mitä toimijat voivat tulevaisuudessa tehdä paremmin metsien kestävän käytön turvaamiseksi.

Luonnonvarakeskus ja Suomen ympäristökeskus ottivat haasteen vastaan ja kokosivat tämän raportin. Raportti keskittyy tarkastelemaan ennakoidun metsien lisääntyvän käytön vaikutusta metsien rakenteeseen ja luonnon monimuotoisuuteen. Tarkastelu on tehty skenaariotarkasteluna. Käytetyt skenaariot ovat yhtenevät vastikään valmistuneen metsien käytön ilmastovaikutuksia tarkastelleen raportin kanssa (Lehtonen ym. 2016). Raportit luovat yhdessä kokonaiskuvaa metsien käytön kestävyydestä. Aihepiiriä on käsitelty myös muissa tuoreissa julkaisuissa (ks. esim. Felton ym. 2016, Triviño ym. 2016).

2. Metsien tila

Tässä luvussa esitellään lyhyesti metsien nykytila ja viime vuosikymmenien kehitys. Luvussa käydään läpi ne keskeiset puustoon liittyvät muuttujat, joiden kehitystä voidaan luvussa 3 mallinnuksen keinoin arvioida: puuston määrä ja rakennne, ikäluokkajakauma sekä kuolleen puun määrä. Nämä hakkuumääristä ja metsänhoitotavoista riippuvat tekijät vaikuttavat keskeisesti metsäluonnon monimuotoisuuden kehitykseen. Tarkastelun ulkopuolelle jää kuitenkin joukko metsätaloudesta riippumattomia muutoksia, jotka nekin vaikuttavat Suomen metsiin. Tällaisia ovat esimerkiksi ilmastonmuutos, typpilaskeuma sekä kokonaismetsäalaan kohdistuvat muutostekijät (ml. rakentaminen ja maatalous). Tarkasteluun ei myöskään voitu ottaa metsien kytkeytyneisyyttä tai pirstoutuneisuutta, joilla on suuri vaikutus siihen, miten lajit kykenevät siirtymään sopivien elinympäristölaikkujen välillä.

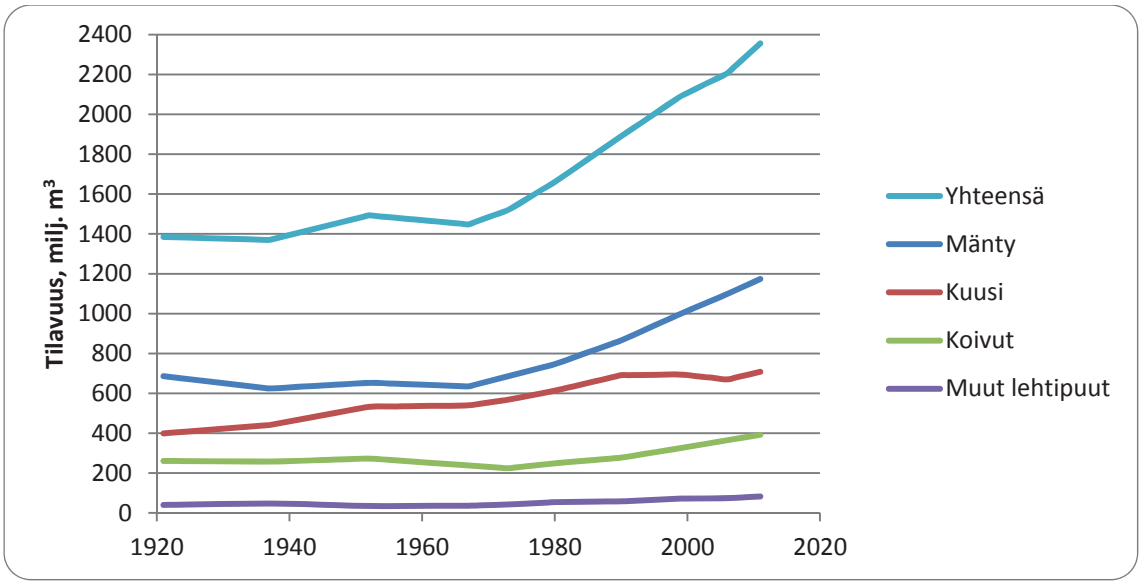
2.1. Puuston määrä ja rakenne

Suomen maapinta-alasta 86 % on metsätalousmaata (26,2 miljoonaa hehtaaria). Jäljelle jäävä ala jakaantuu maatalousmaan (9 % kokonaismaapinta-alasta) ja rakennetun maan (5 %) kesken. Metsätalousmaasta kaksi kolmasosaa on kivennäismaata (17,2 milj. ha) ja yksi kolmasosa soita (9,0 milj. ha). Luokka metsätalousmaa pitää sisällään hyvin erilaisia elinympäristöjä tunturipaljakoista avosoihin ja rantaniityistä peitteisiin metsiin. Myös suojelualueet luetaan tässä jaottelussa metsätalousmaahan. Puuntuotantoon käytettävissä olevia kivennäismaiden metsiä, joilla puuston vuotuinen kasvupotentiaali on vähintään 1,0 m^3/ha, on 13,7 miljoonaa hehtaaria ja vastaavia puustoisia soita 4,7 miljoonaa hehtaaria.

Puuston kokonaistilavuus on 2,4 miljardia kuutiometriä (kuva 1). Tästä 50 % on mäntyä, 30 % kuusta, 16 % koivua ja 4 % muuta lehtipuuta. Puuston määrä on 1,7-kertainen 1920-luvun alun puustoon verrattuna. Erityisesti männyn määrä on kasvanut, mutta myös lehtipuustoa on enemmän kuin 1920-luvun alussa. Puuston kokonaistilavuuden lisäykseen ovat vaikuttaneet erityisesti vähäpuustoisten metsien uudistaminen, soiden ojitukset, metsien ikärakenteen muutokset sekä harsintahakkuista luopuminen ja siitä seurannut metsien tihentyminen.

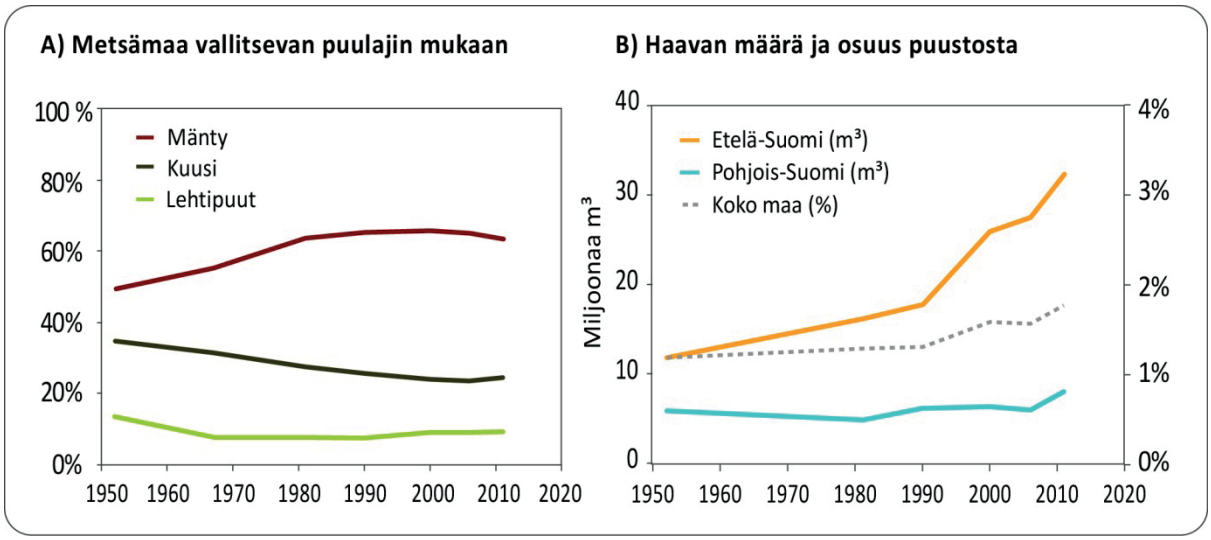
Puuston kasvu on ollut 1980-luvulta lähtien selvästi suurempaa kuin poistuma. Puuston kasvu on ollut 2000-luvulla noin 105 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, kun kokonaispoistuma (hakkuut ja luonnonpoistuma yhteensä) on ollut 77 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Toisin sanoen neljäsosa puuston vuotuista kasvua vastaavasta puumäärästä on jäänyt metsiin ja näin ollen kasvattanut kokonaistilavuutta.

Myös puuston vuotuinen kasvu on kiihtynyt. Kun metsien vuotuinen kasvu oli vielä 1970-luvulla alle 60 miljoonaa kuutiometriä, on se nyt lähes kaksinkertainen (edellä mainittu 105 milj. m^3). Muutos johtuu pääosin edellä luetelluista puuston lisäyksen taustatekijöistä, mutta myös ympäristötekijöillä (mm. ilmaston lämpenemisellä) on ollut merkittävä kasvua lisäävä vaikutus (Henttonen ym. 2016).



Kuva 1. Puuston kokonaistilavuus vuosina 1920–2013.Tilavuuksissa on mukana myös sellaisten maiden puusto, jonka vuotuinen kasvupotentiaali on alle 1,0 m^3/ha. Lähde: Valtakunnan metsien inventointi, Luonnonvarakeskus.

Puuston kokonaistilavuuden kasvun myötä järeiden (yli 30 cm läpimittaisten) puiden määrä on koko Suomen tasolla 3,5-kertaistunut 1920-luvun 130 miljoonasta kuutiometristä 470 miljoonaan kuutiometriin 2010-luvulla (VMI1, VMI11, Luonnonvarakeskus). Nykyisillä metsänkäsittelytavoilla puusto järeytyy erityisesti Etelä-Suomessa huomattavasti nopeammin kuin aiemmin. Järeät puut ovat talousmetsissä siten aiempaa nuorempia, millä on merkitystä vanhoista järeistä puista riippuville lajeille.



Kuva 2. Vallitsevan puulajin mukaan jaotellut metsämaan osuudet (A) sekä haavan tilavuus ja tilavuusosuus kaikesta puustosta (B) valtakunnan metsien inventoinnin mukaan. Lähde: Valtakunnan metsien inventointi, Luonnonvarakeskus.

Puulajisuhteiden osalta suurin muutos viimeksi kuluneen 60 vuoden aikana on ollut männyn osuuden kasvaminen ja vastaavasti kuusen osuuden väheneminen (kuva 2). Mäntyä suosittiin voimakkaasti metsän uudistuksessa etenkin 1900-luvun loppupuoliskolla. 2000-luvulla männyn osuuden kasvu on taittunut. Lehtipuun osuus on vaihdellut 1920-luvulta näihin päiviin asti noin viidenneksen molemmin puolin. Puuston kokonaistilavuuden kasvun vuoksi lehtipuuston kokonaismäärä on kui-

tenkin kasvanut huomattavasti: 1920-luvulta aina 1990-luvun puoleenväliin asti sen määrä vaihteli 300 miljoonan kuutiometrin molemmin puolin, mutta 2010-luvulle tultaessa on noussut 475 miljoonaan kuutiometriin. Metsälajiston kannalta tärkeän haavan tilavuusosuus kaikesta puustosta oli 1950-luvulla vain reilu yksi prosentti, mutta on sittemmin kasvanut lähemmäs kahta prosenttia. Erityisen paljon haavan kokonaistilavuus on kasvanut Etelä-Suomessa.

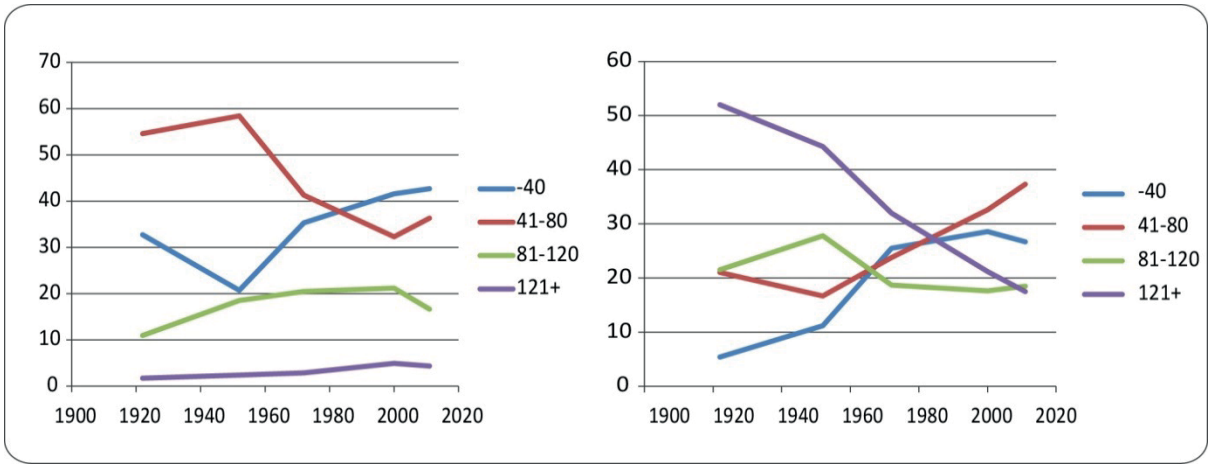
Metsien puulajisuhteiden muutokset – mm. luontaisen häiriön tai kulotuksen seurauksena syntyneiden lehtipuumetsien harvinaistuminen ja lehtojen kuusettuminen – on yksi taantumisen syy 30 %:lle uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (484 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010). Lehtipuuston osalta iäkkään järeän lehtipuun ja järeän lehtilahopuun määrät ovat uhanalaisen metsälajiston kannalta keskeisiä rakennepiirteitä. Samaan aikaan kun lehtipuun määrä on metsämaisemassa lisääntynyt, vanhojen järeiden lehtipuiden sekä järeän lehtilahopuun määrät ovat vähentyneet niillä harvoilla alueilla ja niissä suojelemattomissa metsissä, missä tätä uhanalaista lajistoa on ollut jäljellä.

2.2. Metsien ikärakenne

Metsien ikärakenne ja erityisesti sen kehitys on hyvin erilainen Etelä- ja Pohjois-Suomessa (kuva 3). Etelä-Suomessa nuoria alle 40-vuotiaita metsiä on tällä hetkellä runsaat 40 %, keski-ikäisiä 40–80-vuotiaita metsiä vajaa 40 % ja varttuneita 80–120-vuotiaita metsiä vajaa 20 % metsäalasta. Nuorten metsien osuus kasvoi 1950-luvulta 1980-luvulle saakka, mutta on sittemmin vakiintunut. Merkittävin muutos Etelä-Suomessa on kuitenkin ollut keski-ikäisten metsien väheneminen 1950-luvulta 1980-luvulle saakka. Vanhojen, yli 120-vuotiaiden metsien osuus kasvoi selkeästi 1920-luvulta 1980-luvulle ja on sen jälkeen vakiintunut noin viiteen prosenttiin. Etelä-Suomessa vanhojen metsien vähyyteen on vaikuttanut historiallisesti mm. kaskiviljely ja ainespuun korjuu, joista syistä iäkkäitä metsiköitä oli jo 1900-luvun alussa vähän.

Samoja ikäluokkia käyttäen Pohjois-Suomessa nuorten metsien osuus on alle 30 % ja keski-ikäisten vajaat 40 %. Sekä varttuneiden että vanhojen metsien osuudet ovat tällä hetkellä hieman alle 20 %. Merkittävin muutos Pohjois-Suomessa on ollut vanhimpien ikäluokkien voimakas pieneneminen 1920-luvulta 1980-luvulle. Vanhojen metsien osuus on hieman pienentynyt vielä viime vuosikymmeninäkin. Nuorimpien metsien osuus kasvoi voimakkaasti 1970-luvulle saakka, mutta on viime vuosina hieman laskenut.

Suomessa metsät uudistetaan pian hakkuiden jälkeen – puutonta uudistusalaa on nyt vain yksi prosentti metsäalasta, kun esimerkiksi 1970-luvulla puuttoman uudistusalan osuus oli 4 % metsämaasta.



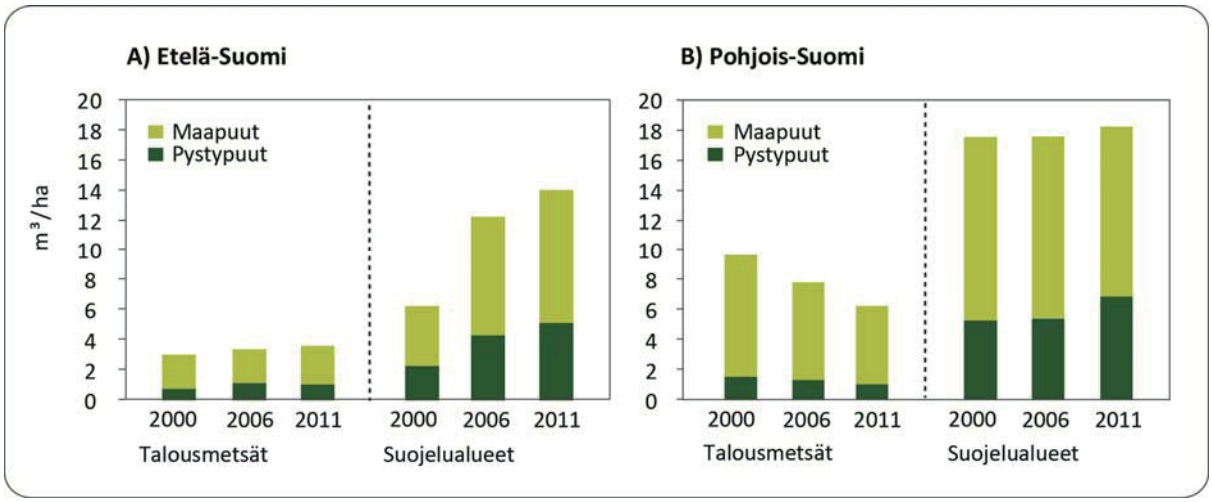
Kuva 3. Metsien ikärakenteen (ikäluokkien osuudet metsämaasta) muutokset Etelä- (vasemmalla) ja Pohjois-Suomessa (oikealla) 1920-luvulta 2010-luvulle. Lähde: Valtakunnan metsien inventointi, Luonnonvarakeskus.

Vanhojen metsien sekä vanhojen ja kookkaiden puiden väheneminen luonnontilaiseen metsään verrattuna on yksi taantumisen syy reilulle neljännekselle uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (433 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010). Iäkkään, järeän elävän puuston väheneminen on vaikuttanut erityisesti puiden rungoilla kasvavien sammalien ja jäkälien uhanalaistumiseen (esim. Juslén ym. 2016). Tilannetta on pyritty korjaamaan jättämällä hakkualoille eläviä säästöpuita.

Puiden rungoilla kasvavista lajeista uhanalaisimpia ovat vanhoista puista riippuvat lajit (Tikkanen ym. 2006, Johansson 2008). Esimerkiksi haavan määrän lisääntyminen (kuva 2 B) hyödyttää haavan varassa elävää uhanalaista lajistoa (Hedenås ja Hedström 2007), mutta useita lajeja vasta, kun haapayksilöt ovat vähintään 120–150-vuotiaita. Säästöhaapojen on niiden kuoltua todettu hyödyttäneen esimerkiksi lahopuusta riippuvaisia kovakuoriaisia (esim. Martikainen 2001, ks. myös Juslén ym. 2016). Iäkäs, järeä puu tuottaa kuoltuaan lajiston kannalta laadukkaampaa lahopuuta kuin nuori, nopeasti kasvanut tai pieniläpimittainen puusto (esim. Venugopal ym. 2016).

2.3. Kuollut puusto

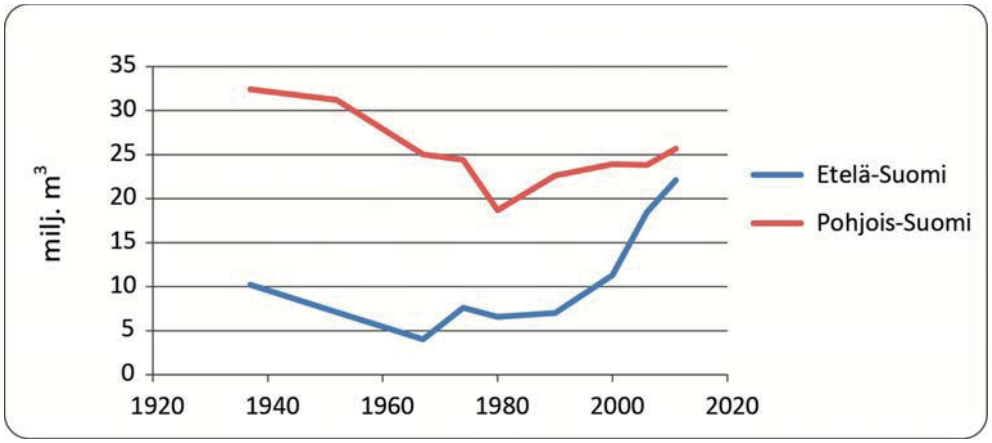
Metsätalous on vaikuttanut suhteellisesti eniten kuolleen puun määrään. Kun luonnontilaisissa metsissä kuollutta puuta on yleisesti useita kymmeniä tai jopa satoja kuutiometrejä hehtaarilla, on sitä nykyisissä Etelä-Suomen talousmetsissä keskimäärin 4 m^3/ha ja Pohjois-Suomessa 6 m^3/ha (kuva 4). Etelä-Suomen talousmetsissä kuolleen puun määrät ovat olleet vuosituhannen vaihteesta alkaen hienoisessa kasvussa, kun taas Pohjois-Suomessa ne ovat laskeneet. Kuolleen, lahoavan puun merkitys lajistolle on suuri, sillä Suomessa elää yli 4 000 lahopuusta riippuvaista lajia. Kuolleen puun väheneminen on yksi taantumisen syy kolmasosalle uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (523 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010) ja lähes kaikille uhanalaisille ja silmälläpidettäville metsäluontotyypeille (Raunio ym. 2008).



Kuva 4. Kivennäismaiden metsien kuolleen puun määrien kehitys Suomessa kolmen viimeisimmän valtakunnan metsien inventoinnin mukaan (VMI9–VMI11).

Valtakunnan metsien inventoinnin tuottama kuolleen puun määrän kehityksen aikasarja on toistaiseksi lyhyt. Varhaisemmilta ajoilta on käytettävissä mittaukset kuolleesta, polttokelpoisesta puustosta (kuva 5). Tällaisen kuolleen puun määrä on Etelä-Suomessa moninkertaistunut 1900-luvun alkupuoliskoon verrattuna. Pohjois-Suomen vajaatuottoisten ja vanhojen metsien voimakas uudistaminen 1950-luvulta lähtien vähensi kovan kuolleen puun määrää, mutta sielläkin määrä on kasvanut 1980-lukuun verrattuna.

Kuolleen puun jakaumassa tapahtuneella muutoksella on ollut todennäköisesti suuri merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle. Muutoksen vaikutus näkyy selvästi uhanalaisten, erityisesti lahopuusta riippuvaisten metsälajien alueellisessa jakaumassa (esim. Siitonen ja Saaristo 2000, Tikkanen ym. 2009, Nordén ym. 2013). Esimerkiksi 1920-luvun vesistöalueittaisten ja 2000-luvun maakunnittaisten keskimääräisten kuolleen puun määrien vertailu osoittaa, että 1920-luvulla alueiden välillä oli huomattavasti enemmän vaihtelua kuolleen puun määrissä kuin nykyisin. Nykymetsät ovat tasalaatuistuneet niin, että kovan kuolleen puun määrät ovat lähes kaikkialla maassa melko alhaiset vaikkakin keskiarvo on korkeampi kuin 1920-luvulla (Ilvessalo 1942, Korhonen ym. 2013).



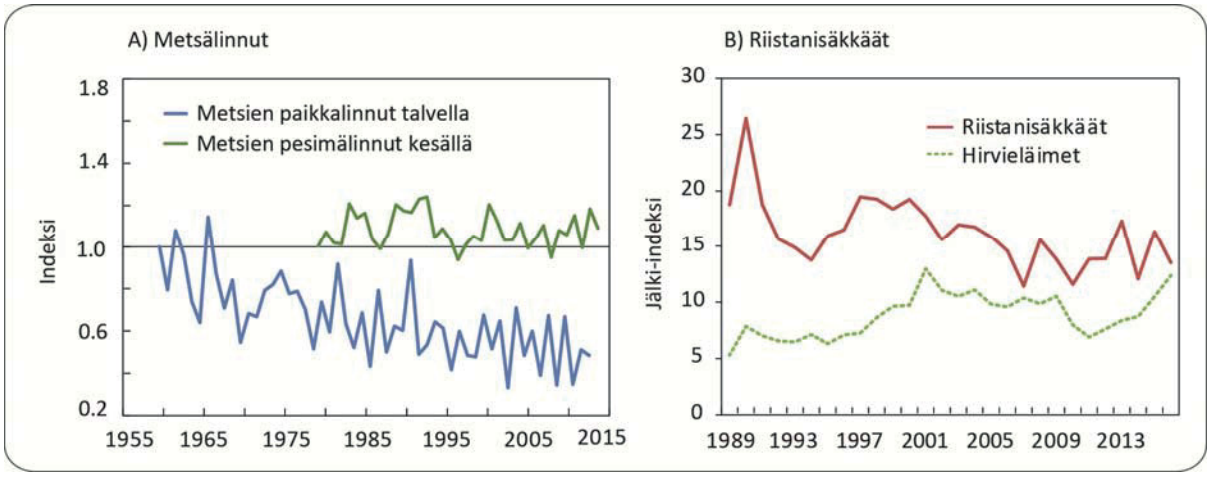
Kuva 5. Vähintään polttopuuksi kelpoisen kuolleen puun määrän kehitys 1930-luvulta 2010-luvulle. Lähde: Valtakunnan metsien inventointi, Luonnonvarakeskus.

Kuollutta puuta tuhoutuu metsänkäsittelytoimien yhteydessä tahattomasti. Kovaa kuollutta puuta myös korjataan aktiivisesti metsistä pois. Näistä kuolleen puun määriin vaikuttavista tekijöistä kerrotaan tietolaatikossa 1.

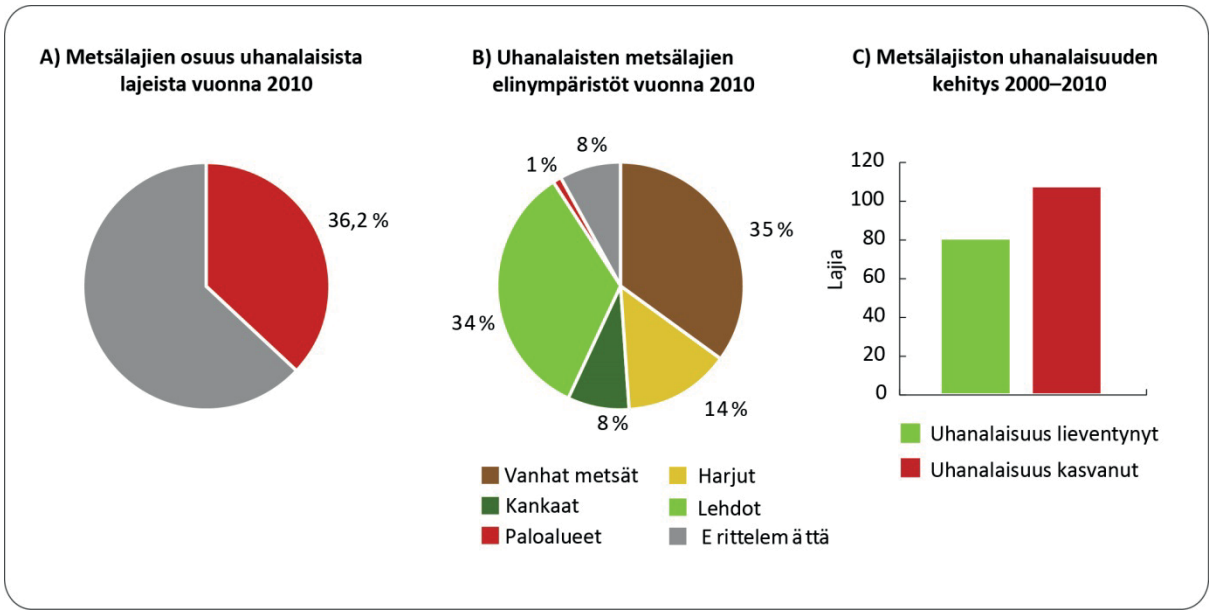
2.4. Lajisto

Suomen metsien lajistosta kattavinta seurantatietoa on linnuista ja riistanisäkkäistä (kuva 6). Talvilintulaskentojen pitkä, 1950-luvulta alkava aikasarja osoittaa metsien paikkalintujen, kuten metsätiaisten ja kanalintujen, jyrkän vähenemisen seurannan alusta 1980-luvulle tultaessa. Sen sijaan vuodesta 1979 alkava kesälaskentoihin perustuva pesimälintujen indikaattori on pysynyt miltei vakaana. Jälkimmäisessä on mukana myös muuttolintuja, ja se kattaa Suomen tasaisemmin kuin talvilintuindikaattori, jonka taustalla olevien laskentojen painopiste on ollut Etelä-Suomessa. Indikaattoreiden perusteella voidaan sanoa, että eniten ovat vähentyneet sellaiset linnut, jotka eivät muuta, pesivät Etelä-Suomessa ja suosivat vanhoja tai varttuneita metsiä. Koko Suomen tasolla metsälintujen tilanne on ollut kuitenkin parin viime vuosikymmenen ajan vakaa. Etelä-Suomessa tiettyjen metsälintulajien, kuten hömötiaisen, peipon, vihervarpusen ja hippiäisen, taantuminen on edelleen jatkunut (Virkkala 2016).

Riistanisäkkäiden runsautta kuvaava indikaattori on ollut hienoisessa laskussa 1980-luvun lopulta alkaen. Laskua selittää eniten runsaimman lajin, metsäjäniksen, runsauden vähenemisen lähes puoleen. Muita vähentyneitä lajeja ovat mm. kärppä ja orava. Sen sijaan hirvieläinten runsaus on kasvanut. Hirven kanta on ollut keskimäärin lähes vakaa, mutta metsäkauris ja valkohäntäkauris ovat runsastuneet huomattavasti. Lintujen ja nisäkkäiden kantojen kehitykseen vaikuttavat monet muutkin kuin metsien rakenteeseen liittyvät tekijät. Voimakkaammin metsän rakennekehitykseen sidoksissa olevia indikaattorilajiryhmiä olisivat esimerkiksi tietyt kovakuoriaiset, käävät ja sammalet, mutta näistä ei ole saatavilla maantieteellisesti ja ajallisesti kattavaa seurantatietoa.



Kuva 6. Metsälintujen (A) ja riistanisäkkäiden (B) kannan kehitys. Paikkalintujen kannankehitysindeksi perustuu talvilintulaskentoihin, kun taas pesimälintujen laskennat tehdään kesällä. Tästä syystä vain jälkimmäisessä indeksissä on mukana muuttolintuja. Riistanisäkäsindikaattori perustuu riistakolmiolaskentojen tuottamaan 12 riistalajin jälki-indeksiin. Kokonaisindeksissä mukana olevan kolmen hirvieläimen kehitys esitetään myös erikseen. Lähde: Luomus (A) ja Luonnonvarakeskus (B).



Kuva 7. Metsälajien osuus kaikista uhanalaisista lajeista (A), uhanalaisten metsälajien ensisijaiset elinympäristöt (B) ja uhanalaisten metsälajien aidot luokkamuutokset 2000–2010 (C) vuoden 2010 uhanalaisten lajien Punaisen kirjan (Rassi ym. 2010) mukaan.

Metsät ovat uhanalaisten lajien tärkein elinympäristö Suomessa (kuva 7). Kaikista uhanalaisista lajeista 36 % elää ensisijaisesti metsissä. Eri metsäbiotoopeista korostuu vanhojen metsien ja lehtojen merkitys. Kokonaisuudessaan metsäelinympäristöjen muutokset ovat ensisijainen uhanalaisuuden syy lähes 700 lajille. (Rassi ym. 2010.) Metsälajiston uhanalaistumiskehitys jatkui vuosina 2000 ja 2010 tehtyjen arviointien välillä, mutta ei yhtä voimakkaasti kuin esimerkiksi soilla, tuntureilla tai rannoilla. Metsälajiston uhanalaistumiskehitystä on saatu hidastettua erilaisin toimenpitein, muttei vielä kokonaan pysäytettyä (Juslén ym. 2016). Metsien uudistamis- ja hoitotoimet ovat myös Suomen luontotyyppien merkittävin uhanalaistumisen syy ja uhkatekijä (Raunio ym. 2008).

Tietolaatikko 1.

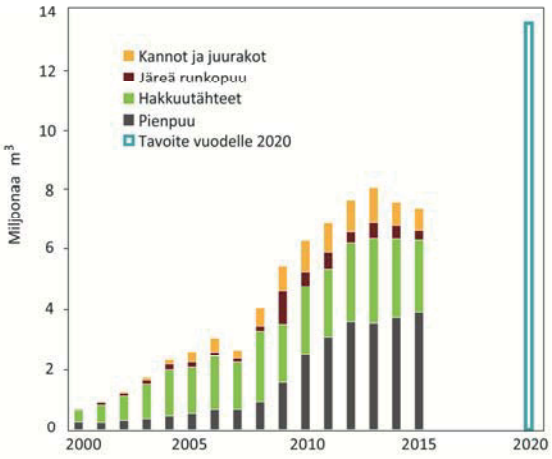
Kuolleen puun määrään vaikuttavia tekijöitä talousmetsissä

Kuolleen puun määrän vähäisyys talousmetsissä on väistämätön seuraus metsänkäytöstä – puuta korjataan ihmisen käyttöön ennen kuin se ehtii kuolla luontaisesti. Kuitenkin myös talousmetsissä kuolee puita itseharvenemisen ja erilaisten luontaisten häiriöiden vuoksi. Kahden viimeisimmän valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10 2005–2008 ja VMI11 2009–2013) mittausten mukaan Suomen metsien vuotuisen luonnonpoistuman suuruudeksi on arvioitu 5,8 miljoonaa kuutiometriä, josta mittaushetkellä metsään jäänyt osuus oli 4,9 miljoonaa kuutiometriä. Tätä vastaava vuotuinen kertymä, noin 0,2 m^3/ha, johtaisi keskimääräisellä lahoamisnopeudella kuolleen puun noin 7 m^3/ha tasapainotilaan metsä- ja kitumaalla.

Talousmetsissä hakkuut vähentävät kuollutta puuta sekä kuolleiden puiden aktiivisen korjuun että tahattoman hävikin seurauksena.

Kuollutta puuta korjataan muun puunkorjuun yhteydessä poltto- ja energiapuuksi. Lämpö- ja voimalaitosten hakkeen raaka-ainetilastojen mukaan järeän runkopuun käyttö hakkeen raaka-aineena on noussut lähes puoleen miljoonaan kuutiometriin vuodessa vuodesta 2010 alkaen (ks. kuva A). Energiapuun lisääntyvä korjuu uhkaa lahopuusta riippuvaista lajistoa, etenkin jos korjuu kohdistuu järeään kuolleeseen puuhun (Antikainen ym. 2007, Bouget ym. 2012, Siitonen 2012). VMI11:n tulosten mukaan kuolleen puun määrä on kuitenkin lisääntynyt osassa Etelä-Suomea verrattuna VMI10:n tuloksiin (Peltola 2009, 2014, Korhonen ym. 2013). Tämä osoittaa, että pystykuivaa ja tuulenkaatopuustoa jää enenevissä määrin korjaamatta (vrt. Ihalainen ja Ahola 2003, Viiri ym. 2011).

Tahatonta hävikkiä seuraa puolestaan kuolleen puun hajoamisesta ja hautautumisesta korjuu- ja uudistamistoimenpiteiden seurauksena. Tahaton hävikki kohdistuu erityisesti pidemmälle lahonneeseen maapuuhun. Hävikki voi olla uudistushakkuun ja maanmuokkauksen yhteydessä jopa yli 80 % (Hautala ym. 2004), mutta on vähintään useita kymmeniä prosentteja, ja energiapuun korjuu voi vielä lisätä hävikkiä (Rudolphi ja Gustafsson 2005, Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010, Kruys ym. 2013).



Kuva A. Metsähakkeen kokonaiskäyttö raaka-aineittain lämpö- ja voimalaitoksissa 2000–2015 ja tavoitetaso vuonna 2020. Muu kuin järeä runkopuu on pääsääntöisesti pieniläpimittaista puuta (v. 2010 alkaen myös kuitupuu on luettu pieniläpimittaiseksi puuksi). Vuoden 2009 piikki järeän runkopuun käytössä oli todennäköisesti tuontipuuta, mutta tämän jälkeen tuontipolttopuun määrä on ollut pieni. Lähde: Luonnonvarakeskus.

3. Kehitysskenaariot ja niiden arvioidut monimuotoisuus-vaikutukset

3.1. Laskelmissa käytetyt puunkäytön skenaariot

Puuston kehitystä tarkastellaan tässä selvityksessä skenaariolaskelmiin perustuen. Skenaariot ovat samat, jotka MMM määritti vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian laadinnan taustoitukseen[1]: perus-, politiikka- ja suurin kestävä skenaario (ks. Lehtonen ym. 2016).

Puuston kehitys eri skenaarioissa laskettiin MELA2012-ohjelmistolla (Redsven ym. 2013), joka koostuu puutason luonnonprosessi- (mm. Hynynen ym. 2002) ja tuottavuusmalleihin (mm. Kuitto ym. 1994) perustuvasta metsien kehitysvaihtoehtoja tuottavasta metsikkösimulaattorista ja lineaarisesta optimoinnista. Laskenta-aineiston muodostivat valtakunnan metsien 11. inventoinnin (Valtakunnan metsien... 2013) vuosina 2009–2013 mitatut metsä- ja kitumaan koealat. Muina käsittelyvaihtoehtojen simuloinnin lähtötietoina olivat vuosina 2004–2013 keskimäärin toteutuneet puutavaralajien yksikköhinnat sekä metsänhoidon ja puunkorjuun yksikkökustannukset. VMI11-aineiston keskiarvovuosi on 2011, mutta tulokset esitetään vuodesta 2015 alkaen. Metsävaratiedot päivitettiin laskennallisesti jaksolle 2011–2014 simuloimalla luonnonprosessit ja käsittelyt käyttäen optimoinnissa rajoitteina vuosina 2011–2014 toteutuneita hakkuukertymiä ja -pinta-aloja.

Metsien käsittely perustui vuoden 2013 metsänkäsittelysuosituksiin (Äijälä ym. 2014) ja energiapuun korjuun ja kasvatuksen suosituksiin (Äijälä ym. 2010). Laskelmissa ensisijaisen puuntuotannon maalla mahdollisia toimenpiteitä olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuu, siemenpuuhakkuu, suojuspuuhakkuu sekä ylispuiden poisto, säästöpuiden jättäminen, raivaus, maanpinnan käsittely, viljely, taimikonhoito ja kunnostusojitus hakkuiden yhteydessä. Hakkuiden yhteydessä simuloitiin aina myös pelkkä kasvatusvaihtoehto (lepo). Pakollisia toimenpiteitä olivat vain taimikonhoito ja viljelytoimet avohakkuun jälkeen. Kulotus, lannoitus, uudisojitus, pystypuiden karsinta, yläharvennus ja eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus eivät olleet mukana tarkastelussa. Uudistushakkuu oli mahdollinen, jos jompikumpi suosituksen sisältämästä 2–4 % tuottovaatimukseen perustuvasta läpimitta- tai ikäkriteeristä täyttyi. Uudistamisessa ei siis sovellettu metsälain mahdollistamia vapaita uudistamisrajoja.

Avohakkuualan hakkuutähteestä (oksat ja ainespuuksi kelpaamaton runkopuu) voitiin korjata metsähakkeeksi kuivilta ja niitä viljavammilta kangasmailta korkeintaan 70 %. Kannoista vain läpimitaltaan vähintään 25 cm läpimittaiset kannot oli mahdollista nostaa, ja näistä yksittäiseltä uudistusalalta korjattiin korkeintaan 85 %. Turvemaiden uudistusaloilta ja luontaisesti uudistettavilta kangasmailta hakattiin vain ainespuuta. Harvennushakkuissa energiapuu hakattiin kuivahkojen ja tätä viljavampien kankaiden mänty- tai lehtipuuvaltaisissa puustoissa kokopuuna. Em. kasvupaikkoja karummilla kangasmailla, turvemailla tai aina kun pääpuulaji oli kuusi, korjuu tehtiin rankana.

Laskennassa otettiin huomioon virallisten suojelupäätösten mukaisten käytönrajoitusten lisäksi Metsähallituksen omiin päätöksiin perustuvat rajoitukset (liite 1). Käytönrajoitusten perusteella VMI11 maastoaineisto on jaettu 1) puuntuotannon, 2) rajoitetun puuntuotannon ja 3) puuntuotannon ulkopuolella olevaan maahan. Puuntuotannon ulkopuoliselle maalle ja puuntuotannon kitumaalle ei tehty toimenpiteitä. Rajoitetun puuntuotannon metsämaalla sallittuja hakkuutapoja olivat kasvatushakkuu (harvennukset ja ylispuiden poisto) sekä luontainen uudistaminen.

[1]Huom. Maa- ja metsätalousministeriön energia- ja ilmastostrategian laadinnan taustoitusta varten määrittämät puun kysynnän ja hakkuiden perus- ja politiikkaskenaariot eivät ole täysin yhteneviä energia- ja ilmastostrategian perus- ja politiikkaskenaarioiden (WEM ja WAM) kanssa.

Perusskenaarion lähtökohtana oli vuosina 2013–2014 toteutuneen puunkäytön jatkuminen lisättynä jo tehtyjen (mm. Metsä Groupin Äänekosken biotuotetehdas) investointipäätösten mukaisella puunkäytöllä. Ainespuun hakkuukertymä oli vuosina 2013–2014 Suomessa 56 milj. m³/v, josta tukkia oli 24,2 ja kuitua 32,1 milj. m³/v. Puuta tuotiin 9,1 milj. m³/v. Vuodesta 2018 alkaen havukuitupuun kertymää lisättiin 5 milj. kuutiometrillä ja tällä yhteensä noin 61 milj. m³/v kotimaisen ainespuun kertymätasolla jatkettiin tarkastelujakson loppuun (kuva 8) tuontipuun määrän säilyessä ennallaan.

Politiikkaskenaariossa ainespuun käytön kehitys perustui Pöyryn vuonna 2016 työ- ja elinkeinoministeriölle laatimaan arvioon ”Suomen metsäteollisuus ja puunkäyttö 2015–2035”. Kotimaisen ainespuun hakkuukertymä nousi tässä skenaariossa vuoteen 2035 mennessä 68 milj. kuutiometriin vuodessa (kuva 8), kun puun tuonti pysyi nykyisellä tasolla.

Metsähakkeen käyttö nousi sekä perus- että politiikkaskenaarioissa vuosien 2013–2014 tasosta (7,8 milj. m³/v) Kansallisen energia- ja ilmastostrategian (2013) tavoitteen mukaisesti vuoteen 2020 mennessä 13,5 milj. kuutiometriin vuodessa säilyen tällä tasolla tarkastelujakson loppuun. Kotitalouksien polttopuun käytön oletettiin pysyvän nykytasolla, jolloin metsäbiomassan ensiasteinen energiakäyttö oli yhteensä noin 19 milj. m³/v, josta runkopuuta oli noin 12 milj. m³/v (kuva 9) ja hakkuutähdettä 7 milj. m³/v. Skenaariossa metsähakkeen jakeiden (harvennuspuu, hakkuutähde, kannot) osuudet määräytyivät laskennan tuloksena. Kantojen käyttö sai kuitenkin nousta korkeintaan nykytasolle (1 milj. m³/v) ja kotitalouksien polttopuu koostui vain runkopuusta. Vuosien 2013–2014 metsähakkeen käytöstä runkopuuta oli 4,1 milj. m³/v, hakkuutähdettä 2,7 milj.m³/v ja kantoja 1 milj. m³/v (http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/).

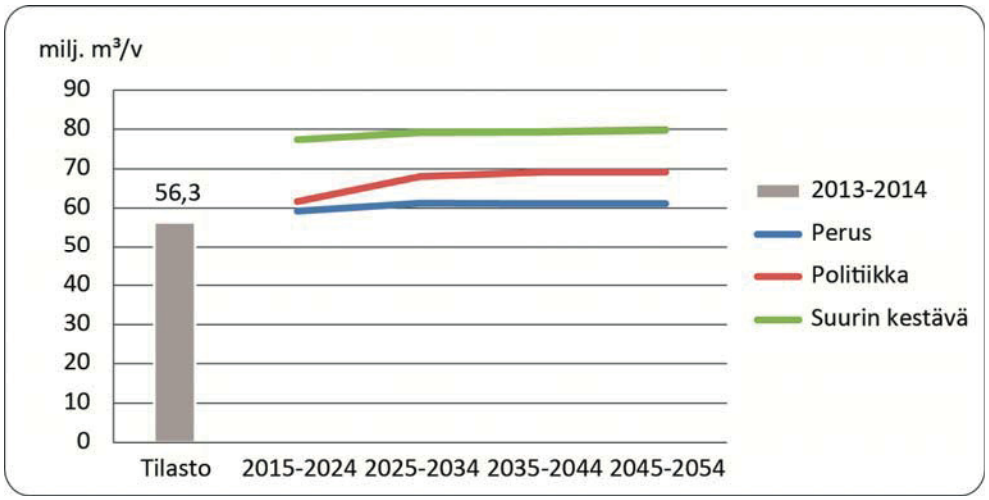
Puuntuotannollisesti suurin kestävä -skenaario laskettiin vuodesta 2015 eteenpäin noudattaen Luonnonvarakeskuksen valtakunnan metsien inventointien yhteydessä soveltamaa suurimman puuntuotannollisesti kestävän hakkuumahdollisuusarvion määrittelyä, jossa nettotuottojen nykyarvoa maksimoidaan 4 %:n korolla ja peräkkäisten kausien ainespuukertymän, energiapuukertymän ja nettotulojen on oltava tasaiset tai nousevat, tukkikertymä säilyy vähintään 1. kauden (tässä kauden 2015–2024) tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna on laskelmaajan lopussa vähintään alkuhetken tasolla. Ainespuukertymä ja energiapuun kokonaiskertymä (metsähake lisättynä kotitalouksien polttopuulla) sekä näiden jakautuminen eri osittеisiin määräytyivät optimiratkaisun tuloksena. Laskelmassa ei rajoiteta kasvun ja poistuman suhdetta, metsien ikäluokkarakennetta tai uudistushakkuiden määrää. Lisäksi puulajikohtaista hakkuukertymän tasaisuutta ei edellytetä. Suurin kestävä -skenaariossa ainespuun vuotuinen hakkuukertymä nousi 77,5 milj. kuutiometriin vuosina 2015–2024 ja tämän jälkeen noin 80 milj. kuutiometriin (kuva 8). Energiapuun vuotuinen korjuu vakiintui tarkastelujakson aikana 18 milj. kuutiometriin, josta runkopuuta oli 9 milj. kuutiometriä (kuva 9).

Kokonaispoistuma, joka koostuu aines- tai energiapuuksi käytetystä, hakkuutähteenä maahan jätetystä tai luonnonpoistumana kuolleesta runkopuusta, kasvoi vuosien 2013–2014 tasosta (79 milj. m³/v) perusskenaariossa 82–83 milj. kuutiometriin vuodessa. Politiikkaskenaariossa kokonaispoistuma kasvoi noin 90 milj. kuutiometriin vuodessa ja suurin kestävä -skenaariossa 98 milj. kuutiometriin vuodessa (kuva 10). Tilastoituun kokonaispoistumaan nähden malleilla lasketut skenaariot yliarvioivat luonnonpoistuman, mutta aliarvioivat hakkutähteenä maahan jätetyn runkopuun määrän.

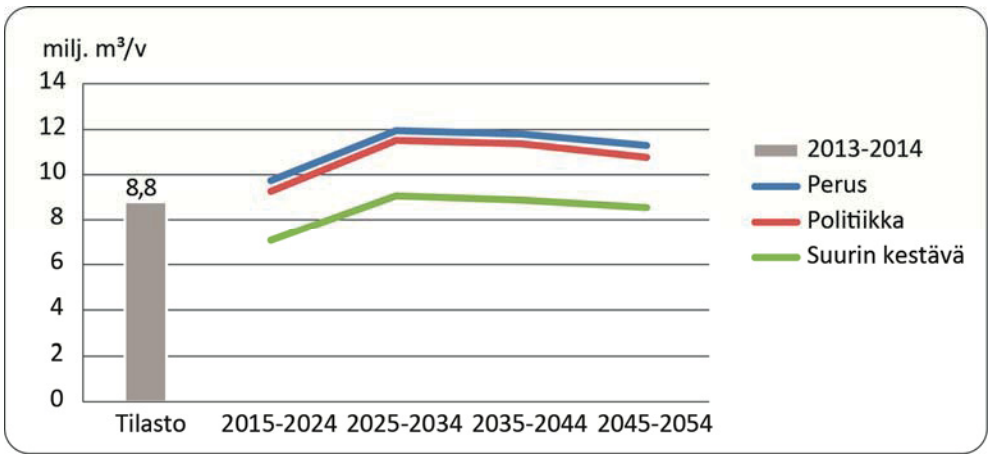
Luonnonpoistuma lasketaan MELA-ohjelmistossa puutason malleilla, jotka ennustavat puun kuolemistodennäköisyyden puun kilpailuaseman ja iän perusteella. Luonnonpoistumasta valtaosa kuuluu pienimpiin, kilpailussa tappiolle jääneisiin puihin. Malli sisältää myös satunnaisluontoiset pienalaiset tuhot, mutta ei laaja-alaisten tuhojen aiheuttamaa kuolleisuutta. Puutason mallin lisäksi luonnonpoistumaa ohjaa metsikkötason itseharvenemisrajan ennustemalli (Hynynen ym. 2002.)

Kuolleen puuston tilavuuden kehitys eri skenaarioissa laskettiin MELA-simuloinnin tuottaman luonnonpoistuman sekä VMI11:ssä mitatun kuolleen puuston lähtötilavuuden avulla erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle sekä puuntuotannon metsämaalle ja suojellulle metsämaalle. Lähtötilanteessa kuolleen puun tilavuus osittеittain oli sama kuin VMI11:ssä mitattu kuolleen puun tilavuus. Tähän tilavuuteen lisättiin vuosittain MELA:n luonnonpoistuma. Kunkin vuoden alussa olevaa kuolleen puun

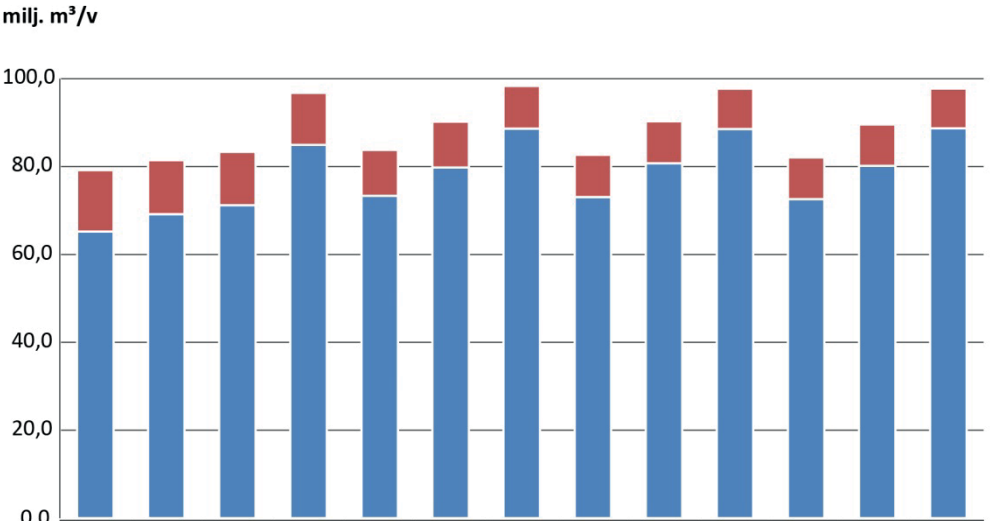
kokonaistilavuutta lahotettiin keskimääräisellä lahoamisnopeudella, joka oli Etelä-Suomessa havupuulle 3,5 % ja lehtipuulle 4,5 % sekä Pohjois-Suomessa havupuulle 2,5 % ja lehtipuulle 3,5 % (Siitonen 2001). Hakkuut vähentävät kuolleen puun määrää sekä kuolleiden puiden korjuun että tahattoman hävikin kautta (tietolaatikko 1, luku 2). Hakkuiden vaikutusta kuolleen puun määriin arvioitiin herkkyysanalyysillä, jossa kuolleen puun hävikki uudistushakkuussa vaihteli välillä 0–100 %, ja harvennushakkuissa hävikki oli puolet tästä (0–50 %). Simulaatiotulokset laskettiin vain koko 40-vuoden tarkastelujaksolle eli vuodesta 2015 vuoden 2054 loppuun.



Kuva 8. Ainespuukertymän kehitys vuosina 2015–2054 perus-, politiikka- ja suurin kestävä -skenaariossa sekä vuosina 2013–2014 keskimäärin toteutunut ainespuukertymä (Peltola 2014), milj. m ³/v.



Kuva 9. Energiaksi käytetty runkopuu (metsähake ja kotitalouksien polttopuu) vuosina 2015–2054 perus-, politiikka- ja suurin kestävä -skenaarioissa sekä vuosien 2013–2014 tilastoitu keskimääräinen käyttö (Peltola 2014), milj. m³/v.



	Tot. 2013	2015-2024 Perus	2015-2024 Politiikka	2015-2024 Suurin kestävä	2025-2034 Perus	2025-2034 Politiikka	2025-2034 Suurin kestävä	2035-2044 Perus	2035-2044 Politiikka	2035-2044 Suurin kestävä	2045-2054 Perus	2045-2054 Politiikka	2045-2054 Suurin kestävä
Lupo ja runkohukkapuu	13,9	12,3	12,1	11,9	10,4	10,4	9,7	9,6	9,6	9,2	9,5	9,4	9,0
Runkopuun kertymä	65,3	69,2	71,2	85,0	73,4	79,8	88,6	73,1	80,8	88,6	72,6	80,2	88,7

Kuva 10. Kokonaispoistuman kehitys perus-, politiikka- ja suurin kestävä -skenaariossa sekä vuoden 2013 tilastoitu poistuma-arvio (Peltola 2014), milj. m³/v. Lupo = luonnonpoistuma.

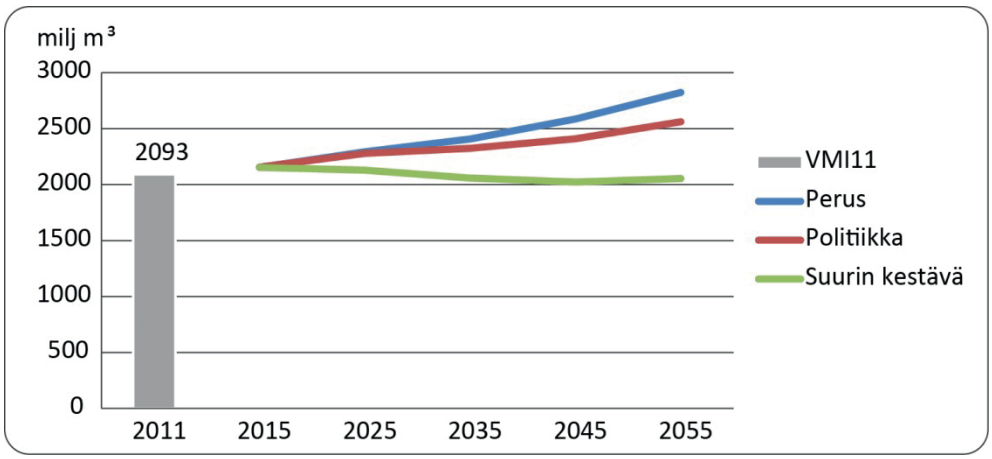
3.2. Puuston määrän ja rakenteen kehitys

Metsiin ja niiden rakennepiirteiden kehitykseen vaikuttaa ulkoisista tekijöistä keskeisimmin hakkuut – niiden voimakkuus ja erityisesti harvennus- tai uudistushakkuiden suhde. Perusskenaariossa runkopuun vuosittainen hakkuukertymä kasvoi vuosien 2013–2014 keskimääräisestä tasosta (65 milj. m³/v) vuoteen 2035 mennessä 12 %, politiikkaskenaariossa 22 % ja suurin kestävä -skenaariossa 36 % (kuva 10). Laskelmissa käytetty nettotuottojen nykyarvoa maksimoiva tavoitefunktio pyrki ohjaamaan hakkuut uudistamispainotteisesti. Kuitenkin perusskenaariossa, joka perustui teollisuuden nykyisen puunkäytön ja tehtyjen investointipäätösten mukaiseen puun kysyntään, hakkuukertymän lisäys kohdistui pienpuuhun, ja tukkipuun kertymärajoite ohjasi lisähakkuut harvennuksiin (taulukko 1). Suurin kestävä -skenaariossa, jossa rajoitteina olivat talouden ja puuntuotannon kestävyys, laskelma uudisti metsiä voimaperäisesti pyrkien kohti tehokasta tuotantorakennetta, jossa taimikoita on 25 %, kasvatusmetsiä 60 % ja uudistuskypsiä metsiä 15 %. Uudistushakkuuala, jolla on huomattava vaikutus esim. metsien ikärakenteen kehitykseen, oli suurin kestävä -skenaariossa yli 1,5-kertainen perusskenaarioon ja 1,4-kertainen politiikkaskenaarioon nähden, kun taas harvennusala jäi muita skenaarioita pienemmäksi.

Taulukko 1. Harvennus- ja uudistushakkuupinta-alat (1000 ha/v) ja niiden suhteelliset osuudet (%) keskimäärin vuodessa vuosina 2015–2055.

		2015-2055					
		1000 ha/v			%		
		Perus	Politiikka	Suurin kestävä	Perus	Politiikka	Suurin kestävä
Suomi	Kasvatushakkuu	465	467	429	75,0	73,0	63,6
	Uudistushakkuu	155	173	245	25,0	27,0	36,4
	Hakkuupinta-ala yhteensä	620	640	673	100,0	100,0	100,0
Etelä-Suomi	Kasvatushakkuu	299	301	266	71,6	70,1	62,3
	Uudistushakkuu	119	128	161	28,4	29,9	37,7
	Hakkuupinta-ala yhteensä	418	430	427	100,0	100,0	100,0
Pohjois-Suomi	Kasvatushakkuu	166	166	163	82,1	78,9	66,0
	Uudistushakkuu	36	44	84	17,9	21,1	34,0
	Hakkuupinta-ala yhteensä	202	210	246	100,0	100,0	100,0

Kasvun ja kokonaispoistuman erotus ratkaisee puuston tilavuuden kehityksen. MELA2012-ohjelmiston sisältämät kasvumallit on näissä skenaarioissa kalibroitu pitkän ajan (1984–2013) indeksikorjatun läpimitan kasvun keskitasolle. Ilmastonmuutoksen vaikutusta puuston kasvuun ei näin otettu huomioon siihen liittyvien vaikutusarvioiden epävarmuuksien vuoksi. Skenaarioissa pitkän ajan indeksikorjattuun läpimitan kasvun tasoon kalibroitu kasvu aliarvioi puuston nykyistä kasvua, sillä mm. VMI11:n kasvuindeksit ovat keskiarvon yläpuolella. Lisääntyvät hakkuut vähensivät ainakin hetkeksi kasvavan puuston määrää, mikä myös vähensi aluksi kasvua mitattuun nähden. Hakkuista ja mallien mahdollisesta kasvun aliarvioinnista huolimatta puuston tilavuus perus- ja politiikkaskenaarioissa puuntuotannon metsämaalla kasvoi (kuva 11), sillä niissä puuston kasvu ylitti kokonaispoistuman. Sen sijaan suurin kestävä -skenaariossa puuston tilavuus laski.



Kuva 11. Puuston kokonaistilavuus puuntuotannon maalla perus-, politiikka- ja suurin kestävä -skenaarioissa vuosina 2015–2055, milj. m³/v. VMI11:n mitattu tilavuus edustaa inventoinnin keskivuotta (Peltola 2014).

Kokonaispoistuman jäädessä selvästi kasvua pienemmäksi ja hakkuiden painottuessa pienpuustoon (kuitupuu ja energiaranka) järeän puuston määrä kasvoi puuntuotannon metsämaalla perus- ja politiikkaskenaarioissa (taulukko 2). Muiden lehtipuiden kuin koivun tilavuus väheni kuitenkin näissä skenaarioissa, koska puunkäytön lisäykset kohdistuivat erityisesti havukuitupuuhun ja lisääntyvä energiapuutavoite kannatti tällöin täyttää taloudellisesti vähäarvoisemmalla lehtipuulla. Sama on havaittavissa myös pienläpimittaisen koivun osuudessa. Suurin kestävä -skenaariossa erityisesti järeän (hakkuukypsän) puuston osuus, mutta myös puuston kokonaistilavuus väheni kuusta lukuun ottamatta. Järeän puuston osuuden väheneminen painottui uudistushakkuiden seurauksena Etelä-Suomeen.

Taulukko 2. Kokonaistilavuuden (1000 milj. m³) ja läpimittaluokittaisten tilavuuksien suhteellinen muutos vuosina 2011–2055. Lukuja Suhteellinen muutos -sarakkeissa tulkitaan niin, että kaikki alle 1,0 kertovat läpimittaluokan vähenemisestä ja yli 1,0 lisäyksestä.

	Suomi						Etelä-Suomi						Pohjois-Suomi					
Perus		**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**				
		Kokonaistilavuus	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**			
			-10	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**
	Mänty	1,4	0,9	1,1	1,3	2,4	Mänty	1,1	0,8	0,9	0,9	2,0	Mänty	1,8	0,9	1,3	2,4	3,9
	Kuusi	1,5	0,5	1,8	1,6	1,5	Kuusi	1,5	0,5	1,7	1,5	1,4	Kuusi	1,9	0,7	1,9	2,2	2,7
	Koivu	1,1	0,4	1,2	1,5	2,3	Koivu	1,1	0,3	1,1	1,4	2,2	Koivu	1,2	0,5	1,3	2,3	4,2
	Muu lehtipuu	0,6	0,3	0,8	0,5	0,9	Muu lehtipuu	0,6	0,3	0,7	0,5	0,8	Muu lehtipuu	1,0	0,5	1,3	0,7	1,4
Politiikka		**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**				
		Kokonaistilavuus	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**			
			-10	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**
	Mänty	1,1	0,9	1,1	1,1	1,6	Mänty	0,9	0,9	0,9	0,8	1,3	Mänty	1,5	1,0	1,3	1,8	2,7
	Kuusi	1,5	0,6	1,8	1,5	1,3	Kuusi	1,4	0,5	1,8	1,5	1,3	Kuusi	1,7	0,7	1,8	1,8	2,0
	Koivu	1,1	0,4	1,2	1,5	2,2	Koivu	1,1	0,3	1,1	1,4	2,1	Koivu	1,2	0,5	1,4	2,2	3,5
	Muu lehtipuu	0,6	0,3	0,8	0,5	0,8	Muu lehtipuu	0,6	0,3	0,7	0,5	0,8	Muu lehtipuu	0,9	0,5	1,3	0,7	1,1
Suurin kestävä		**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**						**Suhteellinen muutos**				
		Kokonaistilavuus	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**					**Kokonaistilavuus**	**d1.3 -luokka**			
			-10	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**			**-10**	**11-20**	**21-30**	**31-**
	Mänty	0,8	1,1	1,0	0,6	0,7	Mänty	0,6	1,0	0,9	0,4	0,6	Mänty	1,2	1,1	1,2	1,0	1,5
	Kuusi	1,3	0,6	1,9	1,2	0,8	Kuusi	1,3	0,7	2,0	1,3	0,8	Kuusi	1,1	0,6	1,5	1,0	0,9
	Koivu	0,9	0,4	1,2	1,2	0,8	Koivu	0,9	0,3	1,1	1,2	0,8	Koivu	1,0	0,4	1,3	1,3	1,7
	Muu lehtipuu	0,5	0,4	0,7	0,4	0,4	Muu lehtipuu	0,5	0,3	0,7	0,4	0,4	Muu lehtipuu	0,7	0,5	1,2	0,4	0,4

Kaikkien uudistushakkuiden yhteydessä jätettiin suositusten mukaisesti järeitä säästöpuita uudistusalalla olevien puulajien suhteessa yhteensä 5 m³/ha. Säästöpuille simuloitiin luonnonprosessit, mutta ei toimenpiteitä, joten ne säilyivät koskemattomina koko tarkastelujakson ajan tai aina kuolemaansa asti. Säästöpuiden määrä on luonnollisesti sidoksissa uudistuspinta-alaan, joten niiden määrä kasvoi eniten suurin kestävä -skenaariossa (taulukko 3).

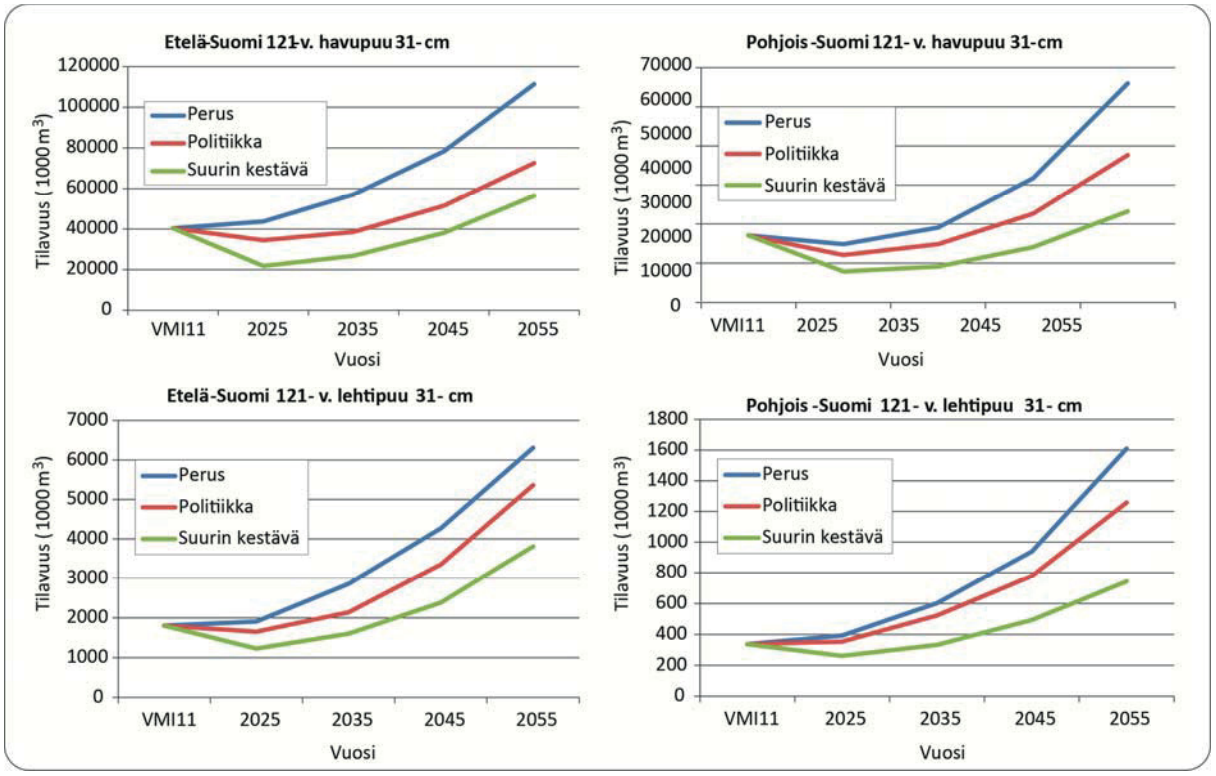
Taulukko 3. Tarkastelujakson aikana vuosina 2015–2055 uudistusaloille jätetyt säästöpuut (milj. m^3), havupuun ja läpimitaltaan ($d_{1.3}$) yli 30 cm puiden osuus säästöpuista eri osissa Suomea ja eri skenaarioissa.

		milj. m³	m³/ha(*	Havupuu %	$d_{1.3}$ > 30 cm, %
Suomi	Perus	64,0	3,5	89,9	83,4
	Politiikka	70,3	3,8	91,1	84,6
	Suurin kestävä	89,2	4,8	90,2	85,9
Etelä-Suomi	Perus	48,9	4,5	88,9	87,1
	Politiikka	50,4	4,7	89,7	88,3
	Suurin kestävä	59,6	5,5	88,0	91,0
Pohjois-Suomi	Perus	15,1	2,0	92,9	71,4
	Politiikka	19,9	2,6	94,7	75,3
	Suurin kestävä	29,6	3,9	94,6	75,5

*) laskettu koko puuntuotannon metsämaata kohden

Politiikka- ja suurin kestävä -skenaarioissa vanhojen, järeiden puiden tilavuus ensin laskee uudistamisen johdosta, mutta lähtee sen jälkeen nousuun (kuva 12). Perusskenaariossa vanhojen, järeiden puiden tilavuus systemaattisesti kasvaa. Erot skenaarioiden välillä ovat suurimmat Etelä-Suomen havupuiden osalta. Huomattava osa vanhojen puiden tilavuuden kasvusta selittyy säästöpuilla, jotka saivat vanhentua ja järeytyä ilman toimenpiteitä. Vuonna 2055 säästöpuiden osuus yli 120-vuotiaista yli 30 cm puista vaihteli skenaarioittain 17–43 prosenttiin. Kehitykseen vaikutti myös nettotuottojen nykyarvoa 4 prosentin korolla maksimoiva optimointi, joka ohjaa hakkuita puustoisimmille kohteille. Etenkin Pohjois-Suomessa vanhaa, järeää puuta kasvavat metsiköt voivat olla puustoltaan harvoja ja puuston edelleen kasvatuksen vaihtoehtoiskustannus on pieni.

Järeät elävät puut ovat tärkeitä tulevan lahopuun muodostumisessa ja lahopuujatkumon turvaamisessa (esim. Siitonen & Saaristo 2000). Lisäksi niillä on merkitystä kolopuina ja erilaisten epifyyttilajien kasvualustoina (Nilsson ym. 2001). Järeä iäkäs puusto ylläpitää erilaista lajistoa kuin nuorempi puusto. Tämä näkyy mm. järeiltä kuusenrungoilta hyönteisravintoa keräävän puukiipijän pesimäympäristön valinnassa (Suorsa ym. 2005). Erityisen tärkeitä monimuotoisuuden kannalta ovat järeät iäkkäät lehtipuut. Linnuista mm. valkoselkätikka on riippuvainen lahosta lehtipuusta ja vanhoista lehtimetsistä (Lehikoinen ym. 2011). Järeiden iäkkäiden puiden määrän notkahdus suurin kestävä -skenaarion alkuvuosina voisi aiheuttaa kriittisen resurssipulan niille uhanalaisille lajeille, joiden kannat ovat valmiiksi laskusuunnassa ja jotka ovat riippuvaisia järeästä iäkkäästä puustosta (esim. tietyt kovakuoriaiset ja käävät). Muutoin vanhojen, järeiden puiden määrän lisääntyminen olisi toteutuessaan matsälajiston kannalta positiivinen muutos.

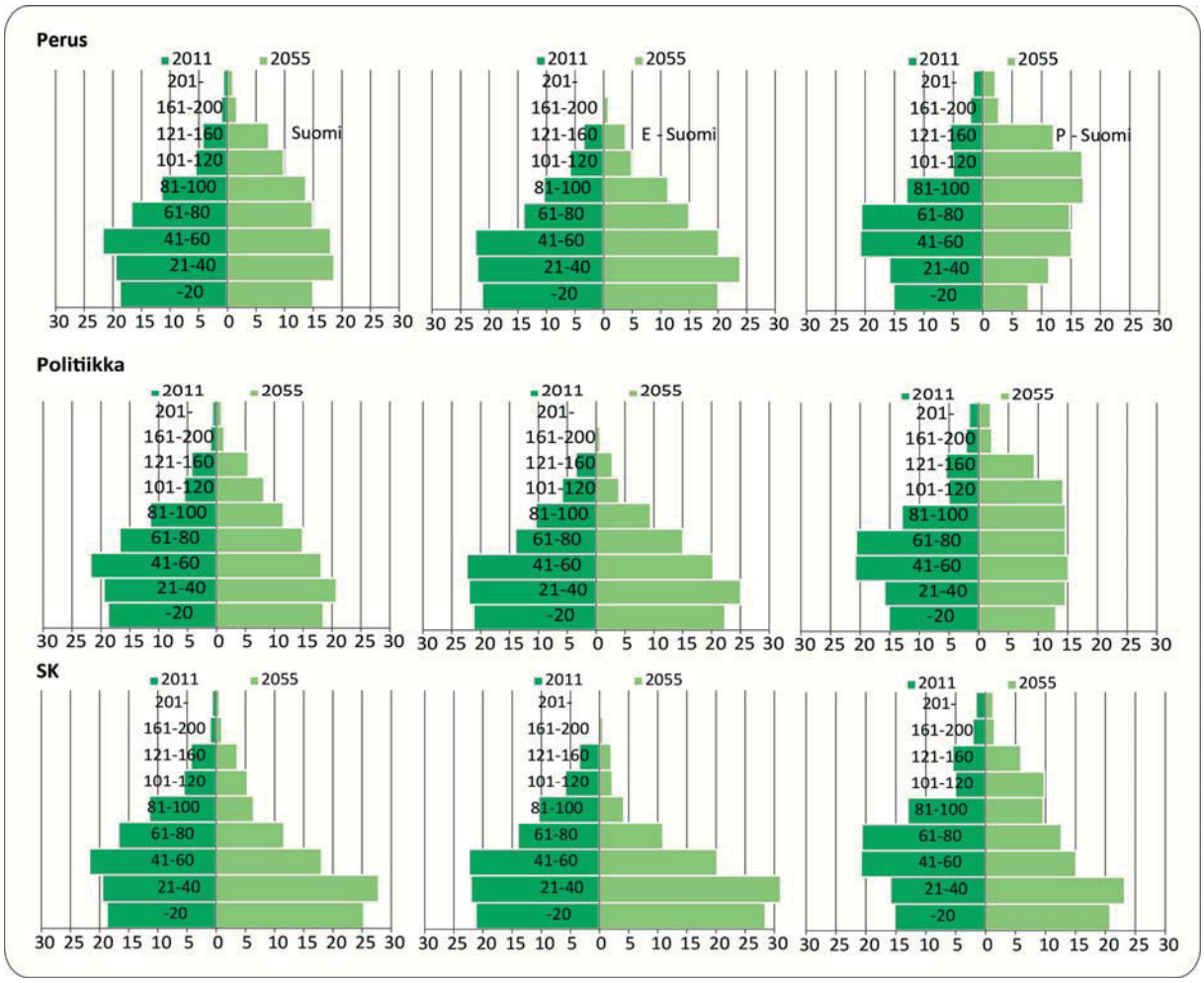


Kuva 12. Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 31-senttisen, vähintään 120-vuotiaan havu- ja lehtipuuston määrän kehitys perus-, politiikka- ja suurin kestävä -skenaarioissa vuoteen 2055 mennessä Etelä- ja Pohjois-Suomessa (1000 m^3).

3.3. Metsien ikärakenteen kehitys

Puuntuotannon metsämaan nykyinen ikärakenne, jossa erottuu vielä mm. 1950–1980 lukujen metsien voimaperäinen uudistaminen, muuttui hyvin eri tavoin skenaariosta riippuen (kuva 13). Perusskenaariossa, jossa hakkuut painottuivat kasvatushakkuisiin, metsien ikärakenne vanheni kokonaisuudessaan etenkin Pohjois-Suomessa. Siellä yli 120-vuotiaita metsiä oli perusskenaarion mukaan vuonna 2055 jopa 17 % metsistä, kun lähtötilanne VMI11:n mukaan on 9,3 %. Myös politiikkaskenaariossa Pohjois-Suomen metsät ikääntyivät investointien kohdistuessa pääosin Etelä-Suomeen. Etelä-Suomen metsien ikärakenteessa ei perus- ja politiikkaskenaarioissa tapahtunut huomattavia muutoksia.

Pohjois-Suomen vanhojen metsien määrän kasvulla voi olla positiivisia vaikutuksia vanhoista metsistä riippuvaisten lajien, esimerkiksi monien lintujen, populaatioihin. Tuoreen tutkimuksen mukaan etenkin vanhojen metsien lintulajisto on taantunut nuorempia ikäluokkia suosivia lajeja voimakkaammin (Fraixedas Nuñez ym. 2015). Vaikka etenkin ikivanhojen, yli 200-vuotiaiden metsien osuus olisi skenaarioiden toteutuessa edelleen kaukana luonnontilaisten metsien tilanteesta (esim. Wallenius 2002, Raunio ym. 2008), voi vanhojen ikäluokkien lisääntyminen hyödyttää esimerkiksi linnuista kanahaukkaa, sinipyrstöä, kuukkelia, pohjantikkaa ja pikkusieppoa (Björklund ym. 2015, Tiainen ym. 2016, Vihervaara ym. 2015). Tuloksista ei kuitenkaan voi arvioida vanhojen metsien pirstoutumisastetta, joka vaikuttaa etenkin suuria, yhtenäisiä vanhan tai varttuneen metsän alueita vaativiin lajeihin.



Kuva 13. Puuntuotannon metsämaan metsien ikäluokkarakenteen kehitys 2011 (VMI11) – 2055 koko maassa (Suomi), Etelä-Suomessa (E-Suomi) ja Pohjois-Suomessa (P-Suomi) perus-, poliitiikka- ja suurin kestävä (SK) -skenaarioissa. Ikäluokan osuus pinta-alasta, %.

Suurin kestävä -skenaariossa metsien ikärakenne uudistushakkuiden seurauksena nuortui sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa (kuva 13). Erityisen voimakkaasti muutos näkyi Etelä-Suomessa, jossa 21–40 -vuotiaiden metsien osuus kasvoi yhdeksällä prosenttiyksiköllä (VMI11: 22,1 %, 2055: 31,1 %) ja vanhojen metsien osuus vastaavasti pieneni. Tämänsuuntainen kehitys voimistaisi vanhoista metsistä riippuvaisen lajiston taantumista. Etelä-Suomessa valtaosa lajeista elää metsätalouden maalla, sillä metsä- ja kitumaan pinta-alasta on suojeltu vain 2,9 % (luokat 1A ja 1B-ei hakkuita, Metsien suojelutilasto 2016). Muun muassa lintujen tuoreessa uhanalaisuusarviossa metsien hakkuutoiminnan tavoiteltu lisääminen mainitaan uhkatekijänä juuri nuorten metsien osuuden kasvun vuoksi (Tiainen ym. 2016). Nuorentumiskehitys olisi negatiivista myös leviämisrajoitteisille lajeille, jotka ovat sopeutuneet vanhojen metsien olosuhteisiin, kuten monille kovakuoriaisille (esim. Martikainen ym. 2000, Siitonen ja Saaristo 2000) ja uhanalaisille käävälle (esim. Penttilä ym. 2004, 2006, Nordén ym. 2013).

3.4. Kuolleen puuston kehitys

Hakkuiden lisäksi puuston määrän kehitykseen vaikuttavat kasvu ja luonnonpoistuma. Luonnonpoistuman arvio puuntuotannon metsämaalla oli mallilaskelmien perusteella vuosina 2015–2054 keskimäärin 6,5–6,9 milj. m³ vuodessa skenaariosta riippuen (taulukko 4). Etelä- ja Pohjois-Suomen osuudet luonnonpoistumasta vastasivat niiden osuuksia puuntuotannon metsämaan puuston tilavuudes-

ta. Lehtipuiden osuus mallien mukaisesta luonnonpoistumasta oli selvästi suurempi kuin niiden osuus tilavuudesta. Huomattava osa (40–44 %) luonnonpoistumasta oli pieniläpimittaista (alle 11 cm), kilpailussa elintilasta hävinnyttä puustoa. Nettotuottojen nykyarvoa maksimoiva tavoitefunktio pyrki myös minimoimaan taloudellisesti merkittävän varttuneen puuston luonnonpoistuman.

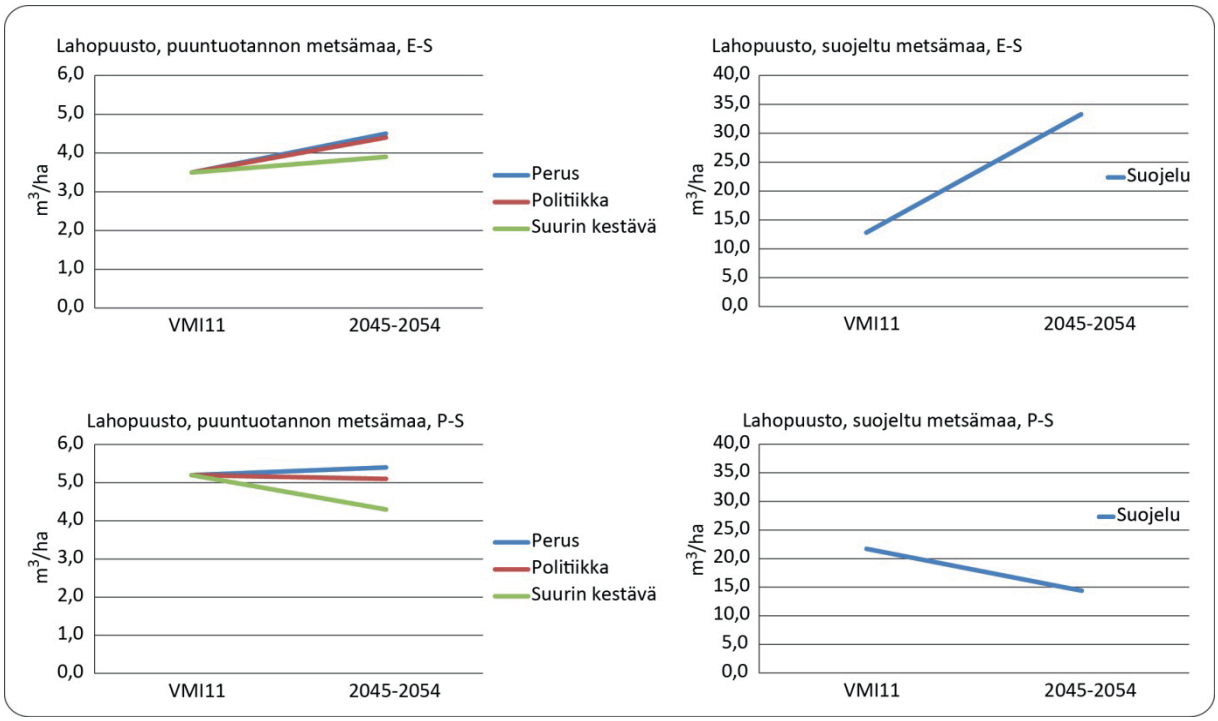
Taulukko 4. Luonnonpoistuma keskimäärin puuntuotannon metsämaalla vuosina 2015–2054 (milj. m^3), lehtipuun ja rinnankorkeusläpimitaltaan erikokoisten puiden osuus luonnonpoistumasta eri osissa Suomea ja eri skenaarioissa. Lahoamista ja hakkuuhävikkiä ei ole huomioitu.

		2015-2054	2055	Rinnankorkeusläpimittaluokan (d1.3 cm) osuus, %				Lehtipuun osuus
		milj. m^3/v	m^3/ha(*	< 11	11-20	21-30	>30	%
Suomi	Perus	6,9	15,1	41,5	38,9	14,9	4,7	53,7
	Politiikka	6,9	14,9	41,8	39,4	14,4	4,4	54,0
	Suurin kestävä	6,5	14,1	41,5	40,7	14,4	3,4	53,2
Etelä-Suomi	Perus	4,5	16,6	40,0	37,7	15,9	6,4	61,1
	Politiikka	4,5	16,6	40,5	38,1	15,4	6,0	61,4
	Suurin kestävä	4,4	16,3	40,2	39,9	15,4	4,5	59,7
Pohjois-Suomi	Perus	2,4	12,8	44,1	41,2	13,1	1,6	40,8
	Politiikka	2,4	12,6	44,2	42,0	12,5	1,4	40,9
	Suurin kestävä	2,1	10,9	44,1	42,6	12,2	1,1	39,9

*) laskettu koko puuntuotannon metsämaata kohden

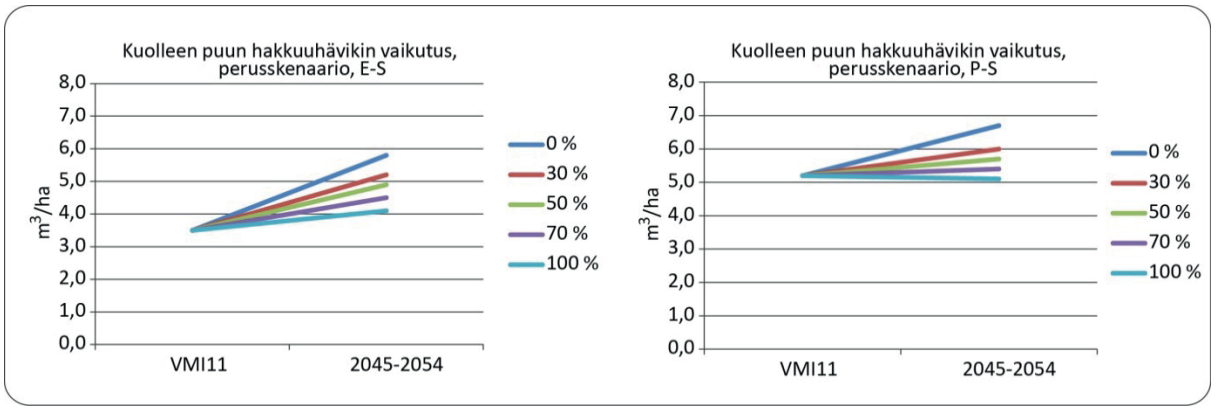
Kuolleen puun määrän kehitys ei juuri eroa perus- ja politiikkaskenaarion välillä. Etelä-Suomessa puuntuotannon metsämaalla kuolleen puun tilavuus lisääntyi molemmissa nykyisestä 3,5 kuutiometristä hehtaarilla noin 4,5 kuutiometriin hehtaarilla. Pohjois-Suomessa kuolleen puun tilavuus pysyi suunnilleen samana, vähän yli viidessä kuutiometrissä hehtaarilla. Suurin kestävä -skenaariossa kuolleen puun määrä kasvoi vähemmän Etelä-Suomessa ja laski Pohjois-Suomessa (kuva 14). Kuolleen puun tilavuuden muutos eri skenaarioissa on hyvin samankaltainen kuin elävän puuston tilavuuden muutos (kuva 11). Kun elävän puuston kokonaistilavuus kasvaa, myös kuolleen puuston simuloitu tilavuus kasvaa. Ero perusskenaarion ja suurin kestävä -skenaarion välillä oli herkkyysanalyysissä sitä suurempi, mitä suuremmaksi kuolleen puun hävikki hakkuissa oletettiin.

Kuolleen puun määrän lisääntyminen Etelä-Suomen puuntuotannon metsämaalla olisi toteutuessaan positiivinen muutos, vaikka määrä jää edelleen liian alhaiseksi vaateliaan, uhanalaistuneen lahopuulajiston kannalta (esim. Penttilä ym. 2004, 2006, Nordén ym. 2013). Talousmetsien nopeasti kasvaneesta puusta mahdollisesti muodostuva järeä kuollut puu saattaa poiketa laadultaan luonnonmetsien järeästä kuolleesta puusta, mikä vaikuttaa siihen, mitkä lajit talousmetsien kuolleesta puusta hyötyvät.



Kuva 14. Kuolleen puun kokonaistilavuuden kehitys vuodesta 2015 (VMI11) vuoden 2054 loppuun eri skenaarioissa puuntuotannon metsämaalla (vasemmanpuoleiset kuvat) ja suojellulla metsämaalla (oikeanpuoleiset kuvat) Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Puuntuotannon metsämaalla kuolleen puun hävikiksi on oletettu 70 % uudistushakkuussa ja 35 % harvennushakkuussa.

Jos puuston hakkuumäärät kasvavat voimakkaasti, uudistushakkuut aikaistuvat ja vanhojen ikäluokkien määrä pienenee huomattavasti. Tämän vuoksi etenkin suurin kestävä -skenaariossa järeän, esimerkiksi yli 30 cm läpimittaisen, kuolleen puun määrä saattaa vähentyä voimakkaasti ja sen esiintymisen aikaikkuna kaventua suuren uudistushakkuuhävikin vuoksi. Nämä muutokset vaikuttavat negatiivisesti uhanalaistuneeseen lahopuulajistoon, joka tyypillisesti tarvitsee runsaasti aikaa asuttaakseen sopivia lahopuita.



Kuva 15. Kuolleen puun hakkuuhävikin vaikutus kuolleen puun määrän kehitykseen perusskenaariossa Etelä- ja Pohjois-Suomessa puuntuotannon metsämaalla, uudistushakkuuhävikin vaihdellessa 0–100 prosentin välillä. Harvennushakkuuhävikin oli arvioitu olevan aina puolet käytetystä uudistushakkuuhävikistä.

Kuolleen puun hakkuuhävikki vaikutti skenaariosta riippuen varsin voimakkaasti kuolleen puun määrän tilavuuden kehitykseen. Kuolleen puun määrän kasvu Etelä-Suomessa oli sitä pienempi, mitä suurempi on hakkuun aiheuttama hävikki ja mitä intensiivisemmin metsiä hakataan. Perusskenaariossa Etelä-Suomessa kuolleen puun määrä puuntuotannon metsämaalla kasvoi lähes kuuteen kuutiometriin hehtaarilla ilman hakkuun aiheuttamaa hävikkiä, mutta vain vähän yli neljään kuutiometriin hehtaarilla, kun hävikiksi oletettiin uudistushakkuussa 100 % (kuva 15).

Suojelualueilla kuolleen puun tilavuus lisääntyi voimakkaasti Etelä-Suomessa, nykyisestä keskiarvosta noin 12 kuutiometriä hehtaarilla lähes 35 kuutiometriin hehtaarilla. Pohjois-Suomessa suojelualueilla kuolleen puun määrä sen sijaan laski vähän yli 20 kuutiometristä hehtaarilla noin 15 kuutiometriin hehtaarilla (kuva 14). MELA:n luonnonpoistumamallit todennäköisesti aliarvioivat luonnonpoistuman määrän vanhoissa metsissä Pohjois-Suomessa, joten myös Pohjois-Suomen suojelualueilla kuolleen puun tilavuus pysynee vähintään ennallaan tai kasvaa hiukan. Suojelualueiden kuolleen puuston määrä kehittyi skenaarioissa kohti kuolleisuuden ja lahoamisen määrittämää luonnontilaa vastaavaa tasoa. Tutkimusten mukaan vastaava voimakas kuolleen puun määrän kasvu voidaan saavuttaa myös muilla kohteilla, jotka on jätetty kokonaan metsätaloustoimien ulkopuolelle, esimerkiksi metsälain erityisen tärkeissä elinympäristöissä ja muissa metsäluonnon arvokkaissa elinympäristöissä (ks. luku 4).

Simulaatiotulosten mukaan kuolleen puun määrä olisi vuoden 2054 lopussa Etelä-Suomen metsämaan suojelualueilla noin 33 m^3/ha (kuva 14). Jos tämä määrä jaettaisiin tasaisesti koko Etelä-Suomen metsämaan alalle, nostaisi se kuolleen puun tilavuutta 1 m^3/ha. Lisäys on samaa suuruusluokkaa kuin mitä puuntuotannon metsämaan kuolleen puun hakkuuhävikin arvioitiin olevan. Minimoimalla kuolleen puun hakkuuhävikki puuntuotannon metsämaalla voitaisiin siis lisätä kuolleen puun määrää saman verran kuin luonnonpoistuma Etelä-Suomen nykyisen suojelualueverkoston sisällä sitä lisää. Tämä on huomionarvoinen tulos, joka kannustaa kuolleen puun hakkuuhävikin minimoimiseen.

3.5. Metsäiset luontotyypit

Eri skenaarioiden vaikutuksista metsäluontotyyppeihin ei voida tuottaa samanlaisia mallinnuksiin perustuvia tietoja kuin mitä lajiston osalta on tuotettu keskeisistä rakennepiirteistä. Vaikutuksia luontotyyppien runsaussuhteisiin voidaan arvioida vain lyhyellä aikavälillä. On kuitenkin todennäköistä, että mitä intensiivisempää metsien käyttö on, sitä enemmän metsien käyttö muuttaa maaperän ravinnekiertoa, vesitaloutta ja erityisesti sellaisten pienympäristöjen tilaa, jotka ovat luontaisesti vakaita (lähteiköt, tihkupinnat). Metsätaloustoimet ovat lisäksi vähentäneet talousmetsien pensaskerroksen peittävyyttä ja aiheuttaneet muutoksia varpukasveihin (Reinikainen ym. 2000), millä on vaikutuksia luontotyyppien laadun lisäksi mm. kanalintujen poikueisiin (esim. Melin ym. 2016). Tonterin ym. (2016) mukaan hakkuut ovat pääasiallinen metsäkasvillisuuden koostumukseen vaikuttava tekijä. Pidemmällä aikavälillä on kuitenkin mahdollista, että muut ympäristön muutokset (ilmastonmuutos, typpilaskeuma) muuttavat metsäluontotyyppejä enemmän kuin skenaarioiden väliset erot.

Jo nykyisellään karuimmat metsäluontotyypit (karukkokankaat) ovat lähestulkoon hävinneet Etelä-Suomesta, ja Pohjois-Suomessakin ne ovat vähentyneet (tai niitä on vaikeaa tunnistaa voimakkaan porolaidunnuksen vuoksi). Metsämaan muokkaus vaikuttaa sekä maaperän ravinnekiertoihin että vesitalouteen. Metsien ravinnekiertoihin vaikuttavat samanaikaisesti muutkin muutostekijät (typpilaskeuma ja ilmaston lämpeneminen). Tästä syystä on vaikeaa erotella eri tekijöiden osuuksia muutoksessa. Tässä raportissa käsiteltävien skenaarioiden vaikutusta metsien yleisen rehevöitymiskehityksen osana ei voida luotettavasti erotella. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että yleinen rehevöitymiskehitys jatkuu ja se vaikuttaa sekä metsäluontotyyppien osuuksiin että eri metsälajien runsaussuhteisiin.

3.6. Mallilaskelmiin liittyviä varauksia

Kuten kaikkeen mallinnukseen, myös MELA-ohjelmistoon ja tähän työhön valittuihin skenaarioihin liittyy rajoitteita ja oletuksia. Nämä rajaavat ulos sellaisia tekijöitä, jotka voivat todellisuudessa vaikuttaa metsien monimuotoisuuteen merkittävällä tavalla. Esimerkiksi eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus, jota laskelmissa ei simuloitu, voi monimuotoisuutta suosivalla tavalla toteutettuna vaikuttaa positiivisesti varttuneiden metsien lajistoon (Kuuluvainen ym. 2012) tai esimerkiksi mustikasta riippuvaisiin lajeihin (Pukkala ym. 2011). Toistaiseksi eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus on kuitenkin Suomessa vielä vähäistä: Suomen metsäkeskuksen arvion mukaan alle prosentti kaikista kasvatushakkuista toteutetaan eri-ikäisrakenteisina. Luku on karkea arvio, sillä metsänkäyttöilmoituksessa ei yksiselitteisesti määritellä sitä, milloin esimerkiksi poiminta- tai pienaukkohakkuulla tavoitellaan eri-ikäisrakenteista metsikköä.

Simuloinneissa ei otettu huomioon metsälain mahdollistamaa aikaisempaa uudistushakkuuta tai kiertoajan nopeuttamista tehostetulla puuntuotannolla esimerkiksi lannoituksen avulla. Lajiston osalta olennaista on se, miten laajoilla pinta-aloilla hakkuukierto nopeutuisi ja kuinka voimakkaina hakkuut toteutettaisiin. Kiertoajan nopeutuminen osassa metsämaisemaa voisi toisaalta mahdollistaa voimakkaamman monimuotoisuuspainotuksen tai esimerkiksi laajamittaisemman vanhojen metsien suojelun toisaalla. Kokonaisuutena lajistovaikutusten arviointi on vaikeaa.

On todennäköistä, että yksityisten metsänomistajien ja puun ostajien käyttäytyminen ei noudattele skenaarioiden oletuksia. Esimerkiksi perusskenaarioon rakennettu oletus, jossa puuston kehitys perustui teollisuuden nykyisen puunkäytön ja tehtyjen investointipäätösten mukaiseen kysyntään, ohjasi lisähakkuut harvennuksiin. Todellisuudessa metsänomistajilla ja puun ostajilla voi olla toisenlaiset tavoitteet.

Skenaarioiden ennusteet metsien ikärakenteen muutoksista ovat todennäköisesti oikeansuuntaisia, mutta todellisuudessa metsien uudistusjärjestys ei noudata laskelmissa löydetyn optimiratkaisun mukaista järjestystä. Skenaarioissa, jotka ovat selvästi alle suurimman kestävän tason, on mahdollista saavuttaa samat hakkuukertymätasot myös hakkuutavoilla, jotka poikkeavat löydetystä optimiratkaisusta. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi politiikkaskenaarion mukainen hakkuiden taso voidaan saavuttaa myös siten, että vanhojen metsien osuus säilyy korkeampana kuin laskelmatulos näyttää.

4. Keinoja edistää metsien monimuotoisuutta

Lisääntyvä puunkorjuu voi heikentää metsien monimuotoisuutta, jos se johtaa vanhojen metsien ja lahopuuston vähenemiseen. Monimuotoisuudelle aiheutuvien haittojen lieventämiseksi tunnistettiin joukko keinoja, joita tulisi edistää hakkuiden lisääntyessä. Tarkasteltavat keinot ovat (1) elävien säästöpuiden jättäminen, (2) kuolleen puun ja (3) arvokkaiden elinympäristöjen säästäminen, (4) luonnonhoidollinen kulotus sekä (5) METSO-toimintaohjelma. Seuraavassa arvioidaan näiden tekijöiden tämänhetkistä vaikuttavuutta ja potentiaalia tulevaisuudessa. Näitä tekijöitä on viime vuosina arvioitu myös biodiversiteettisopimuksen kansallisen täytäntöönpanon seurannan (Auvinen ym. 2010, Ahokumpu ym. 2014) sekä Elinympäristöjen tilan edistämisen (ELITE) työryhmämietinnön (Matveinen ym. 2015) yhteydessä.

4.1. Elävät säästöpuut

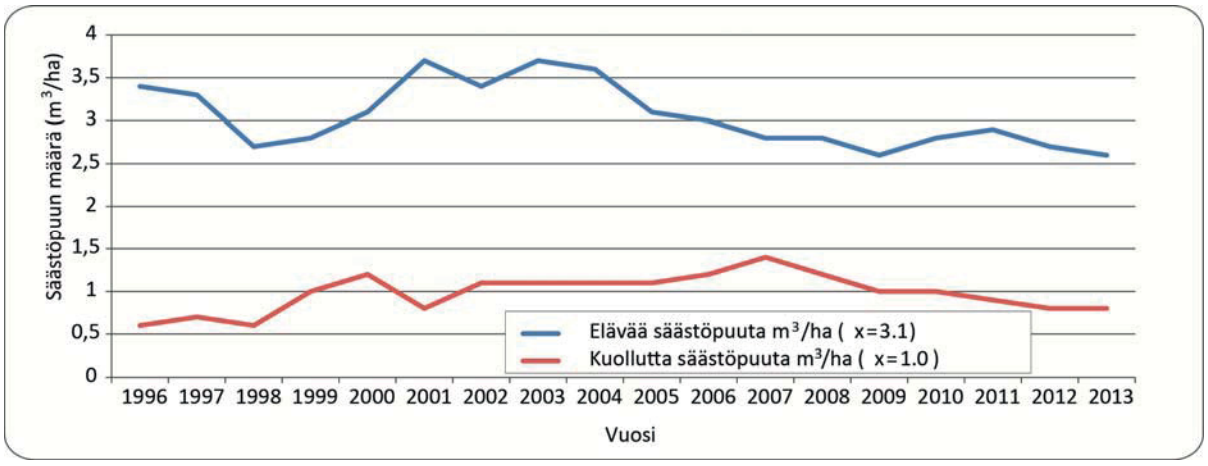
Elävien säästöpuiden tarkoitus on turvata elävien järeiden puiden esiintyminen sekä järeän lahopuun muodostuminen metsän kehityksen kaikissa vaiheissa. Elävien säästöpuiden jättäminen hakkuissa yleistyi 1990-luvun puolenvälin jälkeen metsäsertifioinnin myötä. Suomessa yli 90 prosentilla talousmetsistä käytössä olevan PEFC-sertifiointistandardin kriteerimuutokset ovat kuitenkin vaikuttaneet säästöpuiden määrään ja laatuun. Muutokset näyttävät johtaneen elävän säästöpuun tilavuuden laskuun (kuva 16), kun pieniläpimittaisten säästöpuiden osuus on kasvanut (kuva 17). Tuoreimmassa PEFC-sertifiointistandardin uudistuksessa säästöpuiden vähimmäiskappalemäärä hehtaarilla nostettiin viidestä rungosta kymmeneen (PEFC Suomi 2014), mutta elävien säästöpuiden minimiläpimitta säilytettiin edelleen alhaisena (10 cm). Lisäksi elävän säästöpuun voi korvata kuolleella vähintään 20 cm läpimittaisella puulla.

Suomessa on käytössä myös FSC-metsäsertifiointistandardi (Suomen FSC-yhdistys 2011), jonka kattama pinta-ala on kasvanut 2010-luvulla 4 prosenttiin talousmetsien pinta-alasta muutaman suuren metsäyhtiön otettua FSC-standardin käyttöön omissa metsissään. FSC:n säästöpuiden minimimäärä on kymmenen elävää runkoa hehtaarilla ja minimiläpimitta 20 cm. FSC:n elävien säästöpuiden minimitilavuus on siten yli 20-kertainen PEFC-standardin vastaavaan nähden VMI:n tarkoittamaksi kuolleeksi puuksi (läpimitta ≥ 10 cm, pituus ≥ 1,3 m) muunnettuna. FSC:n suurempaa positiivista vaikutusta metsäluonnon monimuotoisuuteen rajoittaa kuitenkin sen kattama pieni pinta-ala PEFC-standardiin verrattuna.

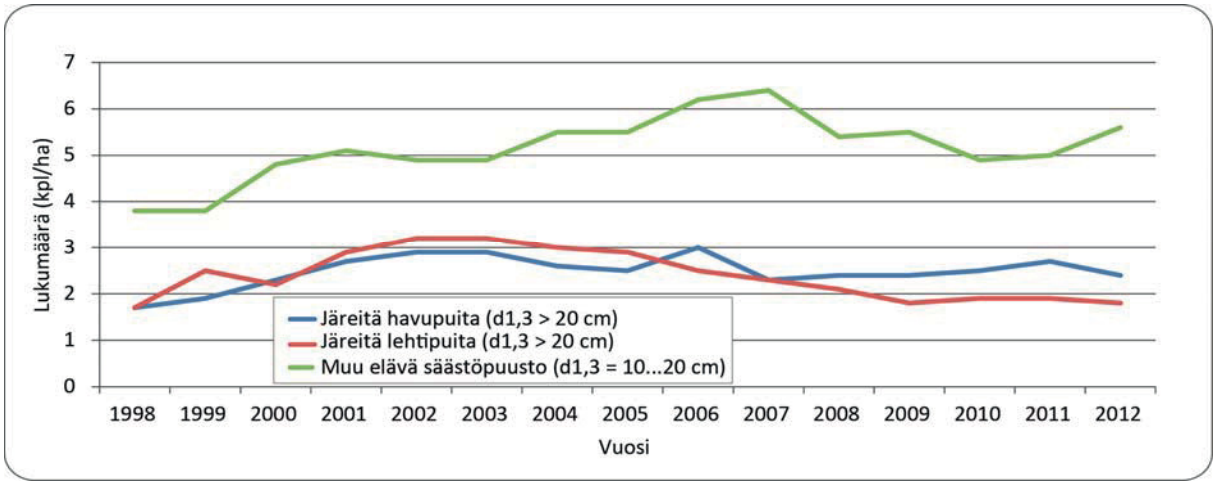
Hakkuuaukoille pysyvästi jäävän säästöpuuston määristä ei saada heti hakkuun jälkeen tehtävistä seurannoista täysin luotettavaa tietoa, sillä säästöpuita korjataan myöhemmin esimerkiksi polttopuuksi kotitarvekäyttöön. Tutkimusten mukaan lähes kolmanneksella uudistushakkuualoista oli korjattu säästöpuustoa, ja valtaosa korjatusta säästöpuustosta oli järeää puuta (Salomäki 2005, Hänninen ym. 2010).

Talousmetsien luonnonhoidon laadun seurantatulosten mukaan elävien säästöpuiden kokonaistilavuus yksityismaiden avohakkuualoilla on ollut vuosina 1996–2013 keskimäärin noin 0,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos säästöpuuston tuottama kuolleen puun määrä olisi vuosittain yhtä suuri kuin elävän säästöpuuston tilavuus, säästöpuiden tuottaman lahopuun tasapainotilavuudeksi pitkällä aikavälillä tulisi keskimääräisellä lahoamisnopeudella 0,7 m^3/ha.

Elävän säästöpuuston määrää kasvattamalla voidaan varsin tehokkaasti vaikuttaa sekä järeiden vanhojen puiden että lahopuuston määrään tulevaisuudessa (ks. myös Matveinen ym. 2015). Esimerkiksi elävän säästöpuuston määrän kaksinkertaistamisella pystyttäisiin lahopuun määrää kasvattamaan pitkällä aikavälillä noin 1,5 kuutiometriä hehtaarilla. Metsänomistajien ja puunkorjaajien neuvonnassa tulee kiinnittää huomiota säästöpuiden merkitykseen, jätettävien säästöpuiden laatuun (ensisijaisesti järeitä eläviä puita) sekä siihen, että säästöpuita ei myöhemmin korjata.



Kuva 16. Elävien ja kuolleiden säästöpuiden keskimääräinen tilavuus (m^3/ha) yksityismaiden avohakkuualoilla 1996–2013 (Peltola 2014).



Kuva 17. Uudistushakkuualoille jätetty säästöpuusto (kpl/ha) laatuluokittain (Luonnonhoidon laadun seuranta, Suomen metsäkeskus ja Tapio).

MELA-laskelmissa eläviä säästöpuita jätettiin noin kaksinkertainen määrä (5 m^3/ha) viimeaikaiseen toteutumaan nähden (vrt. Peltola 2014). Säästöpuita ei myöskään korjattu hakkuissa, ja ne saivat järeytyä ja kuolla saman kehityksen mukaan kuin muu puusto. Todellisuudessa säästöpuita on korjattu lähes kolmanneksella uudistusaloja (Salomäki 2005, Hänninen ym. 2010). Lisäksi huomattava osa (15–100 %) pienten säästöpuuryhmien säästöpuista kaatuu tai kuolee pystyyn suhteellisen pian uudistushakkuun jälkeen (Hautala ja Vanha-Majamaa 2006, Jönsson ym. 2007, Heikkala ym. 2014). Näin ollen MELA-laskelmien ennustama säästöpuiden huomattava potentiaalinen vaikutus iäkkään, järeän elävän puun määrään (17–43 % skenaariosta riippuen) vaatisi toteutuakseen paljon nykyistä suurempia säästöpuumääriä.

4.2. Kuolleen puun säästäminen

Kuolleen puuston määrän kehitys riippuu voimakkaasti siitä, kuinka paljon kuollutta puuta tuhoutuu ja korjataan hakkuissa (luku 3 ja tietolaatikko 1). Kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa lahopuuston määrää kasvoi, jos kuollutta puuta pystytään säästämään hakkuissa nykyistä paremmin.

Talousmetsien luonnonhoidon laadun seurantatulosten mukaan kuolleiden säästöpuiden (läpimitta ≥ 20 cm) kokonaisvolyymi yksityismaiden avohakkuualoilla on ollut vuosina 1996–2013 keski-

määrin 1,0 m^3/ha avohakkuualahehtaaria kohden (kuva 16) ja kaikkiaan 0,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kuolleiden säästöpuiden tuottaman lahopuun tasapainotilavuudeksi pitkällä aikavälillä tulisi keskimääräisellä lahoamisnopeudella 0,2 m^3/ha.

Metsään jäävän luonnonpoistumapuuston määrä on kasvanut viime vuosina. VMI9:n ja VMI10:n mittausten perusteella metsään jäävä luonnonpoistuma oli noussut 4,7 miljoonaan kuutiometriin vuodessa (Ihalainen 2013), ja uusimpien mittaustietojen mukaan 4,9 miljoonaan kuutiometriin (ks. tietolaatikko 1). Hehtaaria kohti laskettuna metsään jäävä luonnonpoistuma oli keskimäärin 0,2 m^3/ha/v metsä- ja kitumaalla (Ihalainen 2013). Pitkällä aikavälillä ja keskimääräisellä lahoamisnopeudella tämä johtaisi kuolleen puun noin 7 m^3/ha tasapainotilavuuteen.

Nettoluonnonpoistuma on kasvanut erityisesti 2010-luvun myrsky- ja kuivuustuhojen vuoksi siitä huolimatta, että tästä tuhopuustosta osa on korjattu. Vuodesta 2010 alkaen järeästä, metsäteollisuudelle kelpaamattomasta runkopuusta tuotetun hakkeen määrä on ollut hakkeen raaka-ainetilastojen mukaan keskimäärin lähes puoli miljoonaa kuutiometriä vuodessa (tietolaatikko 1). Koska tämä puusto on pääosin peräisin yksityismaiden hakkuilta, sitä on korjattu keskimäärin 0,04 m^3/ha/v. Metsiin jätettynä tämä määrä tuottaisi pitkällä aikavälillä keskimääräisellä lahoamisnopeudella kuolleen puun tasapainotilavuuden 1,2 m^3/ha, siis lähes kaksinkertaisen tilavuuden verrattuna siihen tilavuuteen, minkä yksityismaiden nykyinen säästöpuumäärä pitkällä aikavälillä tuottaa.

Metsän uudistamisketjun (uudistushakkuu, mahdollinen hakkuutähteiden ja kantojen korjuu sekä maanmuokkaus) aiheuttama kuolleen puun hävikki voi olla hyvin suurta (ks. tietolaatikko 1). Kuolleiden puiden tuhoutumisen minimoiminen ja niiden säästäminen hakkuissa on todennäköisesti kustannustehokkain tapa lisätä keskimääräistä lahopuun määrää metsissä (ks. myös Matveinen ym. 2015). Metsänomistajien ja puunkorjaajien neuvonnassa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että kuollutta puuta ei korjata metsistä, ellei se (lähinnä tuoreiden myrskynkaatopuiden korjuu) ole tarpeellista tuhojen torjumiseksi.

4.3. Arvokkaiden luontokohteiden säästäminen

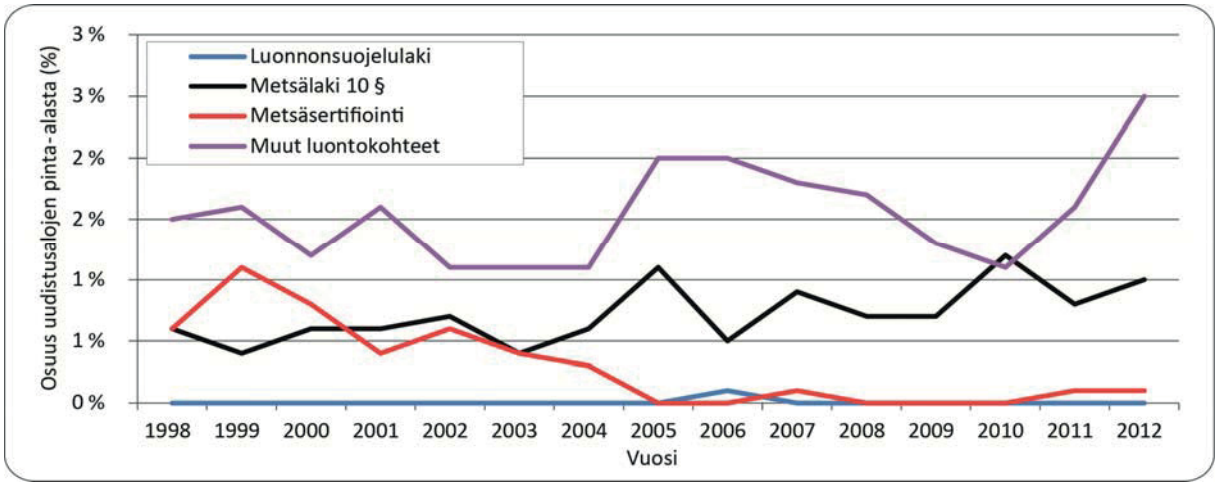
Talousmetsien luonnonhoidon laadun seurantatulosten mukaan arvokkaissa luontokohteissa (kuva 18) säästyvän elävän puuston kokonaistilavuus yksityismaiden avohakkuualoilla on kasvanut samalla kun säästöpuiden tilavuus on pienentynyt (kuva 19). Hakkuualojen säästöpuiden ja luontokohteiden puuston yhteistilavuus on pysynyt suunnilleen samalla tasolla, keskimäärin 0,6 miljoonassa kuutiometrissä vuodessa. Luontokohteiden puuston kuolleisuus voi siten pitkällä aikavälillä tuottaa suunnilleen saman kuolleen puun tasapainotilavuuden kuin säästöpuut eli noin 0,7 m^3/ha. Luontokohteilla puuston tilavuus ja syntyvän lahopuuston tilavuus voivat myös ajan mittaan kasvaa, mikäli kohteet jätetään metsätaloustoimien ulkopuolelle.

Talousmetsien luonnonhoidon laadun seurannassa selvitetään myös sitä, miten hyvin arvokkaat elinympäristöt on huomioitu hakkuissa. Tyypillisesti luontokohteet ovat säilyneet joko ennallaan tai lähes ennallaan, ja luontokohteiden ominaispiirteitä heikentäviä puutteita havaitaan useimmiten vain muutamalla prosentilla kohteista. Aineiston keruussa on kuitenkin sama ongelma kuin säästöpuiden kohdalla: luonnonhoidon laadun seuranta-aineisto kerätään heti hakkuiden jälkeen, jolloin vain hakkuiden aikana tai välittömästi niiden jälkeen tapahtuneet kohteiden käsittelyt voidaan havaita.

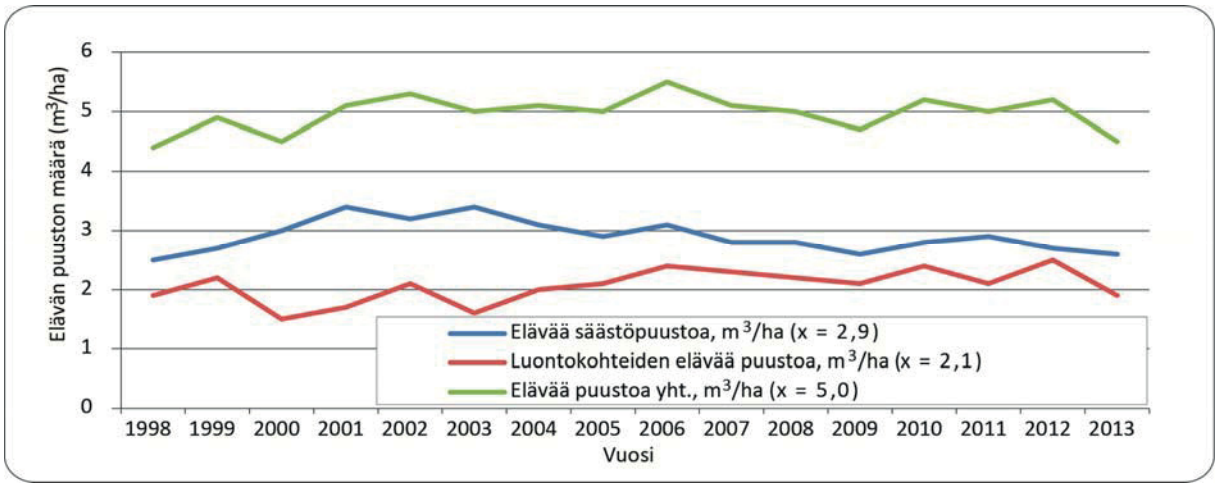
Arvokkaissa luontokohteissa kuolleen puun määrä on luonnonmetsiin verrattuna usein melko pieni kohteiden metsätaloushistorian vuoksi (Siitonen ym. 2009). Kohteiden poimintahakkuut ja muut käsittelyt (ks. Pykälä 2007, Siitonen ym. 2009) voivat estää lahopuun muodostumista myös tulevaisuudessa. Arvokkaiden luontokohteiden jättäminen kokonaan metsätaloustoimien ulkopuolelle on tehokas tapa lisätä sekä kuolleen puun että myös järeiden vanhojen puiden määrää niissä. Ajan mittaan luonnonpoistuma nousee luontaiselle tasolle ja kohteissa saavutetaan kuolleisuuden ja lahoamisen määräämä keskimääräinen tasapainotila, Etelä-Suomen olosuhteissa tyypillisesti noin 100 m^3/ha (Siitonen 2001). Tutkimusten mukaan metsän harventamattomuus ja muiden toimenpiteiden

ulkopuolelle jättäminen kasvattavatkin kuolleen puun määriä tehokkaasti (Ranius ja Kindvall 2004, Tikkanen ym. 2012, Kara 2015, ks. myös tämän skenaariotarkastelun tulokset suojelualueiden osalta).

Metsänomistajien ja puunkorjaajien neuvonnassa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että metsälain erityisen tärkeistä elinympäristöistä tai muilta arvokkailta luontokohteilta ei hakkuissa poisteta puustoa.



Kuva 18. Erilaisten arvokkaiden luontokohteiden pinta-alaosuus uudistusalojen pinta-alasta 1998–2012 (Luonnonhoidon laadunseuranta, Suomen metsäkeskus ja Tapio).



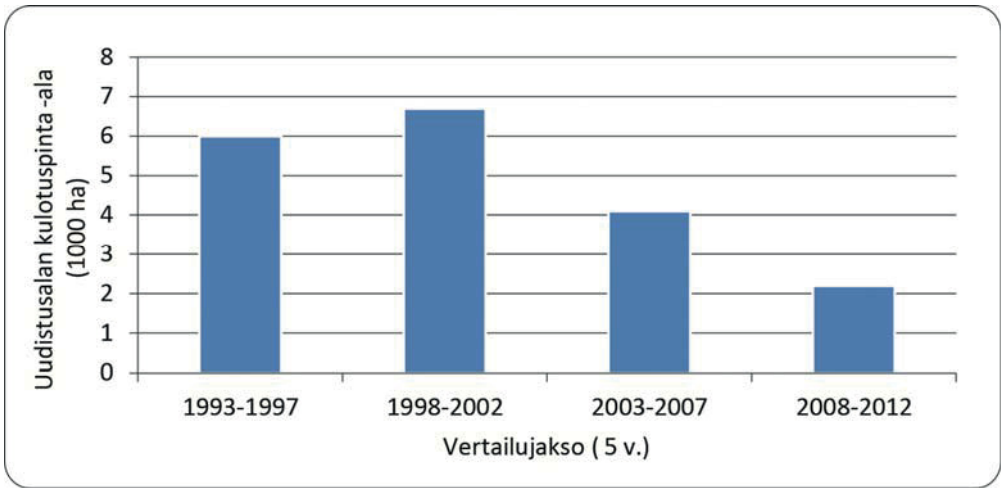
Kuva 19. Elävän säästöpuun ja luontokohteissa säästetyn elävän puuston määrä (m^3/ha) yksityismaiden uudistusaloilla 1998–2013 (Luonnonhoidon laadunseuranta, Suomen metsäkeskus ja Tapio).

4.4. Luonnonhoidollinen kulotus

Luonnonhoidollisessa eli monimuotoisuutta edistävässä kulotuksessa uudistusalalle jätetään paljon tavanomaista enemmän säästöpuustoa. Tutkimukset ovat osoittaneet luonnonhoidollisen kulotuksen monimuotoisuushyötyjen olevan ylivertaisia tavanomaisiin metsätaloudellisiin kulotuksiin ja etenkin tavanomaisiin uudistushakkuisiin nähden (Hyvärinen 2006, Toivanen 2007, Heikkala 2016). Luonnonhoidollisista kulotuksista hyötyvät erityisesti uhanalaiset kuolleesta puusta riippuvaiset lajit. Kulotettavan alueen säästöpuun määrä vaikuttaa ratkaisevasti kulotuksista saataviin monimuotoisuushyötyihin. Järeiden säästöpuiden määrän kasvaessa kasvaa myös kuolleella puulla elävien kova-

kuoriaislajien määrä, ja erityisen jyrkästi kasvaa uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien lajimäärä (Toivanen ja Kotiaho 2007, ks. myös Penttilä ym. 2013). Kuloalueiden ja muiden luontaisen sukkession alkuvaiheiden väheneminen on yksi taantumisen syy kahdeksalle prosentille uhanalaisista ja silmälläpidettävistä metsälajeista (131 lajille 1 590 lajista, Rassi ym. 2010).

Metsätaloudellinen kulotus oli 1960-luvun puoliväliin asti yleinen uudistusalan käsittelymenetelmä, mutta sittemmin kulotuspinta-alat ovat romahtaneet. Kun vuosina 1956–1966 kulotettiin keskimäärin noin 22 000 hehtaaria vuudessa, oli kulotuspinta-ala vuosina 2000–2013 enää reilut 800 hehtaaria vuodessa (Peltola 2004, 2014). Kulotuksella tiedetään olevan merkittäviä positiivisia monimuotoisuusvaikutuksia niin lahopuu- kuin muullekin metsälajistolle, minkä vuoksi kulottaminen on otettu mukaan omana kriteerinään metsäsertifiointistandardeihin. Metsäsertifioinnin aikakaudella kulotusmäärät ovat käytännössä romahtaneet päinvastaisista tavoitteista huolimatta (kuva 20). Kulotuspinta-aloja tulisi kuitenkin pyrkiä merkittävästi kasvattamaan (ks. myös Matveinen ym. 2015).



Kuva 20. Kulotuksen määrä yksityisten, metsäteollisuuden ja valtion metsissä viisivuotiskausittain metsäsertifioinnin aikana (Peltola 2004, 2014) – ensimmäinen kausi (1993–1997) on vertailujakso, johon verrattuna seuraavan jakson (1998–2002) kulotuspinta-alan oli metsäsertifiointistandardin mukaan tavoitteena kaksinkertaistua, ja seuraavan jakson (2003–2007) aikana sen piti pysyä vähintään ennallaan (Metsäsertifioinnin valmiusprojekti 1998, Metsäsertifioinnin standardityöryhmä 2003).

4.5. METSO-toimintaohjelma

METSO-ohjelman tavoitteena on osaltaan pysäyttää metsäisten luontotyyppien ja metsälajien taantuminen ja vakiinnuttaa luonnon monimuotoisuuden suotuisa kehitys vuoteen 2025 mennessä (Valtioneuvoston… 2014). Tavoitteeseen pyritään ensisijaisesti parantamalla luonnonsuojeluverkkoa (tavoite 96 000 ha pääosin pysyvää, luonnonsuojelulain nojalla toteutettua suojelua) ja edistämällä talousmetsien luonnonhoitoa (tavoite 82 000 ha talousmetsien monimuotoisuuskohteita). Ohjelma on ollut käynnissä vuodesta 2008, ja sen pinta-alatavoitteista on vuoden 2015 loppuun mennessä saavutettu noin puolet (Koskela ym. 2016). Vuonna 2012 toteutetun väliarvion mukaan METSO on 14 toimenpiteen onnistunut kokonaisuus, joka tuo sekä ekologisia että yhteiskunnallisia hyötyjä (Laita ym. 2012).

Monimuotoisuudelle merkittävien rakennepiirteiden turvaamiseksi tarvitaan METSO-ohjelman kaltaista toimintamallia, joka edistää monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden kohteiden säilymistä erityisesti Etelä-Suomessa. METSOn valintaperusteet näyttävät toimivan hyvin sekä rakennepiirteil-

tään että lajistoltaan arvokkaimpien kohteiden tunnistamisessa (Siitonen ym. 2012). METSO-kohteilla on selkeästi enemmän uhanalaiselle metsälajistolle tärkeitä rakennepiirteitä kuin keskimääräisissä talousmetsissä. Esimerkiksi järeän (≥ 15 cm) kuolleen puun keskitilavuus oli tutkimuksen mukaan METSO-kohteiden lehdoissa ja kangasmetsissä kaksi kertaa niin suuri kuin vastaavissa talousmetsissä. Kookkaiden lehtipuiden keskimääräinen runkoluku oli METSO-kohteilla yli puolitoistakertainen lehdoissa ja kangasmetsissä ja yli kymmenkertainen kalliometsissä. (Siitonen ym. 2012). METSO-kohteiden valintaperusteet ohjaavat suojelua vanhempiin, runsaslahopuustoisiin metsiin (Syrjänen ym. 2016). Vaikka METSOn toteuttaminen osaltaan säilyttää lajistolle merkittäviä vanhoja metsiä, ei se yksin olisi riittävä lievennyskeino kompensoimaan suurin kestävä -skenaarion mukaista Etelä-Suomen metsien merkittävää nuorentumista.

Jo vuonna 2012 havaittiin, että ohjelman suurin epäloogisuus on aliresursointi tavoitteisiin nähden (Laita ym. 2012). Tilanne on sittemmin entisestään heikentynyt, kun METSO-ohjelman määrärahoja on leikattu. Esimerkiksi ehdotuksessa vuoden 2017 talousarvioksi METSO-ohjelman toteutusvarat (hankinnat ja korvaukset) ovat ympäristöministeriön hallinnonalalla vain 8 milj. euroa, kun vuosina 2012–2015 rahoitus on ollut noin 30 milj. euroa vuodessa (Koskela ym. 2016, Hallituksen esitys… 2017). Talousmetsien luonnonhoidon puolella ympäristötuen määrä on laskenut vuoden 2011 8,6 milj. eurosta noin kahteen miljoonaan euroon vuonna 2015. Luonnonhoitohankkeiden rahoitus on ollut kysyntään ja toimenpiteiden tarpeeseen nähden riittämätön jo useita vuosia, ollen enää noin miljoona euroa vuodessa. METSO-toimintaohjelman ensisijainen kehittämiskeino olisikin riittävän rahoituksen varmistaminen.

METSO-ohjelman tavoitteiden täyttyminen ei täysimääräisenäkään nostaisi Etelä-Suomen metsien suojeluprosenttia kuin vähän. Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden huomiointi osana talousmetsien hoitoa sekä kaikkia luonnonhoidon hankkeita (ml. vesiensuojeluhankkeet) olisi siten keskeistä monimuotoisuuden turvaamisessa. Suojelualueiden ja talousmetsien luonnonhoitokohteiden tulisi muodostaa paremmin kytkeytyneitä aluekokonaisuuksia, joissa aktiivisella luonnonhoidolla sekä suojelualueiden sisällä että niiden laidoilla tuettaisiin verkoston lajiston säilymistä (ks. myös Laita ym. 2012).

Viitteet

Ahokumpu A.-L., Auvinen A.-P., Pylvänäinen M., von Weissenberg M. (toim.). (2014). Fifth National Report to the Convention on Biological Diversity, Finland. Ministry of the Environment. 138 s.

Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J. & Kauppi, L. (2007). Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat: nykytilakatsaus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11: 1–98.

Auvinen A.-P., Kemppainen E., von Weissenberg M. (toim.). (2010). Fourth National Report on the Implementation of the Convention on Biological Diversity in Finland. Ministry of the Environment. The Finnish Environment 3/2010, 191 s.

Björklund, H., Valkama, J., Tomppo, E., Laaksonen, T. (2015). Habitat effects on the breeding performance of three forestdwelling hawks. PLoS ONE 10(9): e0137877. doi:10.1371/journal.pone.0137877.

Bouget, C., Lassauce, A. & Jonsell, M. (2012). Effects of fuelwood harvesting on biodiversity - a review focused on the situation in Europe. Canadian Journal of Forest Research 42: 1421–1432.

Hallituksen esitys eduskunnalle valtion talousarvioksi vuodelle 2017. (2017). http://budjetti.vm.fi/indox/tae//2017/hallituksenEsitys_tae_2017.jsp

Felton A., Gustafsson L., Roberge J.M., Ranius T., Hjältén J., Rudolphi J., Lindbladh M., Weslien J., Rist L., Brunet J., Felton A.M. (2016). How climate change adaptation and mitigation strategies can threaten or enhance the biodiversity of production forests: Insights from Sweden. Biological Conservation 194: 11–20.

Fraixedas Nuñez, S., Lindén, A., Lehikoinen, A. (2015). Population trends of common breeding forest birds in southern Finland are consistent with trends in forest management and climate change. Ornis Fennica 92: 187–203.

Hautala H., Jalonen J., Laaka-Lindberg S., Vanha-Majamaa I. (2004). Impacts of retention felling on coarse woody debris (CWD) in mature boreal spruce forests in Finland. Biodiversity and Conservation 13: 1541–1554.

Hautala H., Vanha-Majamaa I. (2006). Immediate tree uprooting after retention-felling in a coniferous boreal forest in Fennoscandia. Canadian Journal of Forest Research 36: 3167–3172.

Hedenås H., Hedström P. (2007). Conservation of epiphytic lichens: significance of remnant aspen (Populus tremula) trees in clear-cuts. Biological Conservation 135:388–395.

Heikkala O., Suominen M., Junninen K., Hämäläinen A., Kouki J. (2014). Effects of retention level and fire on retention tree dynamics in boreal forests. Forest Ecology and Management 328: 193–201.

Heikkala O. (2016). Emulation of natural disturbances and the maintenance of biodiversity in managed boreal forests: the effects of prescribed fire and retention forestry on insect assemblages. Dissertationes Forestales 222: 1–46.

Hyvärinen E. (2006). Green-tree retention and controlled burning in restoration and conservation of beetle diversity in boreal forests. Dissertationes Forestales 21: 1-55.

Henttonen, H.H., Nöjd, P., Mäkinen, H. (2016). Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971 – 2010 – an analysis based on National Forest Inventory. Submitted manuscript.

Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H., Haapala, P. (2002). Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835.

Hänninen H., Kurttila M., Koskela T. (2010). Miten säästöpuut säilyvät uudistusaloilla? Teoksessa: Koskela T., Hänninen R., Ovaskainen V. (toim.), Metsien monimuotoisuuden turvaamisen keinot ja yhteiskunnalliset vaikutukset (TUK) -tutkimusohjelman loppuraportti. Metlan työraportteja 158. s. 35–38.

Ihalainen A. (2013). Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa. Metsätieteen aikakauskirja 3/2013: 609–623.

Ihalainen A., Ahola A. (2003). Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. Metsätieteen aikakauskirja 3/2003: 385–401.

Ilvessalo Y. (1942). Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi [English summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey]. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 30.1: 1–446.

Johansson P. (2008). Consequences of disturbance on epiphytic lichens in boreal and near boreal forests. Biological Conservation 141:1933–1944.

Juslén, A., Pykälä, J., Kuusela, S., Kaila, L., Kullberg, J., Mattila, J., Muona, J., Saari, S. & Cardoso, P. (2016). Application of the Red List Index as an indicator of habitat change. Biodiversity and Conservation 25: 569–585.

Jönsson M.T., Fraver S., Jonsson B.G., Dynesius M., Rydgård M., Esseen P.-A. (2007). Eighteen years of tree mortality and structural change in an experimentally fragmented Norway spruce forest. Forest Ecology and Management 242: 306–313.

Kara T. (2015). Lahopuun määrän ja laadun ennustaminen - UPM-Kymmene Oyj:n FSC-sertifioidut metsät [In Finnish with an English summary: Predicting volume and quality of coarse woody debris - UPM-Kymmene, Inc. FSC-certified forests]. M. Sc. thesis. University of Helsinki, Department of Forest Sciences, 67 s. + liite.

Korhonen K.T., Ihalainen A., Viiri H., Heikkinen J., Henttonen H.M., Hotanen J.-P., Mäkelä H., Nevalainen S., Pitkänen J. (2013). Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008. Metsätieteen aikakauskirja 3/2013: 269–608.

Koskela, T., Kuusela, S., Syrjänen, K., Anttila, S. (toim.) (2016). METSO-tilannekatsaus 2015. Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma 2008–2025. Luonnonvara-ja biotalouden tutkimus 20/2016. 24 s.

Kruys N., Fridman J., Götmark F., Simonsson P., Gustafsson L. (2013). Retaining trees for conservation at clearcutting has increased structural diversity in young Swedish production forests. Forest Ecology and Management 304: 312–321.

Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T., Terävä, J. (1994). Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410.

Kuuluvainen, T., Tahvonen, O., Aakala, T. (2012). Even-aged and uneven-aged forest management in boreal Fennoscandia: a review. Ambio 41(7): 720–737.

Laita, A., Horne, P., Kniivilä, M., Komonen, A., Kotiaho, J., Lahtinen, M., Mönkkönen, M., Rämö, A.-K. (2012). METSO-ohjelman väliarvio 2012. 62 s.

Lehikoinen, A., Lehikoinen, P., Lindén, A., Laine, T. (2011). Population trend and status of the endangered White-backed Woodpecker *Dendrocopos leucotos* in Finland. Ornis Fennica 88: 195–207.

Lehtonen, A, Salminen, O., Kallio, M., Tuomainen, T., Sievänen. R. (2016). Skenaariolaskelmiin perustuva puuston ja metsien kasvihuonekaasutaseen kehitys vuoteen 2045. Selvitys maa- ja metsätalousministeriölle vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian valmistelua varten. Luonnonvara-jabiotalouden tutkimus 36. Luonnonvarakeskus.

Martikainen P. (2001). Conservation of threatened saproxylic beetles: significance of retained aspen Populus tremula on clearcut areas. Ecological Bulletin 49:205–218.

Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P. Kaila, L., Rauh, J. (2000). Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. Biological Conservation 94: 199–209.

Matveinen K., Lilja-Rothsten S., Junninen K., Bäckman M., Eteläaho E., Kajander L., Kammonen A., Korhonen K.T., Lindberg H., Loiskekoski M., Musta I., Nissinen M., Perkiö R., Punttila P., Sahi V., Syrjänen K., Tiitinen-Salmela S., Tonteri T. (2015). Metsäelinympäristöt. Teoksessa: Kotiaho J.S., Kuusela S., Nieminen E., Päivinen J. (toim.), Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. ELITE-työryhmän mietintö elinympäristöjen tilan edistämisen priorisointisuunnitelmaksi ja arvio suunnitelman kokonaiskustannuksista. Suomen ympäristö 8/2015. s. 100–122.

Melin, M., Mehtätalo, L., Miettinen, J., Tossavainen, S., Packalen, P. (2016). Forest structure as a determinant of grouse brood occurrence – An analysis linking LiDAR data with presence/absence field data. Forest Ecology and Management 380: 202–211.

Metsien suojelutilasto 2016. http://stat.luke.fi/metsien-suojelu-112016_fi

Metsäsertifioinnin standardityöryhmä. (2003). FFCS 1002-1:2003, Ryhmäsertifioinnin kriteerit metsäkeskuksen toimialueen tasolla. Metsäsertifioinnin standardityöryhmä 29.9.2003, 17 s.

Metsäsertifioinnin valmiusprojekti. (1998). Suomen metsäsertifiointijärjestelmän standardiluonnokset 19.11.1998. Metsäsertifioinnin valmiusprojekti. 103 s. + 2 liitettä.

Nilsson, S.G., Hedin, J., Niklasson, M. (2001). Biodiversity and its assessment in boreal and nemoral forests. Scandinavian Journal of Forest Research 16: 10–26.

Nordén J., Penttilä R., Siitonen J., Tomppo E., Ovaskainen O. (2013). Specialist species of wood-inhabiting fungi struggle while generalists thrive in fragmented boreal forests. Journal of Ecology 101: 701-712.

PEFC Suomi. (2014). Suomen PEFC-standardi. PEFC-metsäsertifioinnin kriteerit. PEFC FI 1002:2014. 27.10.2014. PEFC Suomi - Suomen Metsäsertifiointi ry. 41 s.

Peltola A. (toim.). (2004). Metsätilastollinen vuosikirja 2004. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2004 (45): 1–416.
Peltola A. (toim.). (2009). Metsätilastollinen vuosikirja 2009. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2009. Metsäntutkimuslaitos. 452 s.
Peltola A. (toim.). (2014). Metsätilastollinen vuosikirja 2014. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2014. Metsäntutkimuslaitos. 428 s.
Penttilä R., Junninen K., Punttila P., Siitonen J. (2013). Effects of forest restoration by fire on polypores depend strongly on time since disturbance – a case study from Finland based on a 23-year monitoring period. Forest Ecology and Management 310: 508–516.
Penttilä R., Lindgren M., Miettinen O., Rita H., Hanski I. (2006). Consequences of forest fragmentation for polyporous fungi at two spatial scales. Oikos 114: 225–240.
Penttilä R., Siitonen J., Kuusinen M. (2004). Polypore diversity in managed and old-growth boreal Picea abies forests in southern Finland. Biological Conservation 117: 271-283.
Pukkala, T., Lähde, E., Laiho, O., Salo, K., Hotanen, J.-P. (2011). A multifunctional comparison of even-aged and uneven-aged forest management in a boreal region. Canadian Journal of Forest Research 41: 851–862.
Pykälä J. (2007). Implementation of Forest Act habitats in Finland: Does it protect the right habitats for threatened species? Forest Ecology and Management 242: 281–287.
Rabinowitsch-Jokinen R., Vanha-Majamaa I. (2010). Immediate effects of logging, mounding and removal of logging residues and stumps on coarse woody debris in managed boreal Norway spruce stands. Silva Fennica 44: 51–62.
Ranius T., Kindvall O. (2004). Modelling the amount of coarse woody debris produced by the new biodiversity-oriented silvicultural practices in Sweden. Biological Conservation 119: 51–59.
Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A., Mannerkoski, I. (toim.) (2010). Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.
Raunio A., Schulman A., Kontula T. (2008). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 1. Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 8:1–264.
Redsven, V., Hirvelä, H., Härkönen, K., Salminen, O., Siitonen, M. (2013). MELA2012 Reference Manual (2nd edition). 2013. The Finnish Forest Research Institute. Saatavissa: http://mela2.metla.fi/mela/julkaisut/oppaat/mela2012_2nd_ed.pdf
Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I., Hotanen, J. P. (2000). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Tammi, Helsinki, 384 s.
Rudolphi J., Gustafsson L. (2005). Effects of forest-fuel harvesting on the amount of deadwood on clear-cuts. Scandinavian Journal of Forest Research 20: 235–242.
Salomäki M. (2005). Säästöpuut Isojoen Sahan avohakkuualueilla 2000-2004 [Retention tree dynamics in some clear-cuts of Southern Ostrobothnia in 2000-2004]. Pro gradu -tutkielma, Metsäympäristön hoidon ja suojelun laitos, Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. s. 1–47.
Siitonen J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. Ecological Bulletins 49: 11–41.
Siitonen, J. (2012). Monimuotoisuus. Teoksessa: Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. (toim.) Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja 240, s. 154–163.
Siitonen J., Hottola J., Immonen A. (2009). Differences in stand characteristics between brook-side key habitats and managed forests in southern Finland. Silva Fennica 43: 21–37.
Siitonen, J., Penttilä, R., Ihalainen, A. (2012). METSO-ohjelman uusien pysyvien ja määräaikaisten suojelualueiden ekologinen laatu Uudenmaan alueella. Metsätieteen aikakauskirja 4/2012: 259–283.
Siitonen J., Saaristo L. (2000). Habitat requirements and conservation of Pytho kolwensis, a beetle species of old-growth boreal forest. Biological Conservation 94: 211–220.
Suomen FSC-yhdistys. (2011). Suomen FSC-standardi. Suomen FSC-yhdistys. 67 s.
Suorsa, P., Huhta, E., Jäntti, A., Nikula, A., Helle, H., Kuitunen, M., Koivunen, M., Hakkarainen, H. (2005). Thresholds in selection of breeding habitat by the Eurasian treecreeper (Certhia familiaris). Biological Conservation 121: 443–452.
Syrjänen, K., Hakalisto, S., Mikkola, J,, Musta, I., Nissinen, M., Savolainen, R., Seppälä, J., Seppälä, M., Siitonen, J., Valkeapää, A. (2016). Monimuotoisuudelle arvokkaiden metsäympäristöjen tunnistaminen. METSO-ohjelman luonnontieteelliset valintaperusteet 2016–2025. Ympäristöministeriön raportteja 17/2016. 75 s.

Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkiä, P., Valkama, J. (2016). Suomen lintujen uhanalaisuus 2015 – The 2015 Red List of Finnish Bird Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 49 s.

Tikkanen O.-P., Martikainen P., Hyvärinen E., Junninen K., Kouki J. (2006). Red-listed boreal forest species of Finland: associations with forest structure, tree species, and decaying wood. Annales Zoologici Fennici 43:373–383.

Tikkanen O.-P., Matero J., Mönkkönen M., Juutinen A., Kouki J. (2012). To thin or not to thin: bio-economic analysis of two alternative practices to increase amount of coarse woody debris in managed forests. European Journal of Forest Research 131: 1411–1422.

Tikkanen O.-P., Punttila P., Heikkilä R. (2009). Species-area relationships of red-listed species in old boreal forests: a large scale data analysis. Diversity and Distributions 15: 852–862

Toivanen T. (2007). Short-term effects of forest restoration on beetle diversity. Jyväskylä studies in biological and environmental science 175: 1–33.

Toivanen T., Kotiaho J.S. (2007). Burning of logged sites to protect beetles in managed boreal forests. Conservation Biology 21: 1562–1572.

Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikeinen, V., Korpela, L., Merilä, P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. Foret Ecology and Management 381:115–124.

Triviño M., Pohjanmies T., Mazziotta A., Juutinen A., Podkopaev D., Le Tortorec E., Mönkkönen M. (2016). Optimizing management to enhance multifunctionality in a boreal forest landscape. Journal of Applied Ecology, painossa.

Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). (2013). Maastotyön ohjeet 2013. Koko Suomi ml. Ahvenanmaa. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 191.

Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman jatkamisesta 2014–2025. (2014). Valtioneuvosto. 18 s.

Venugopal P., Junninen K., Linnakoski R., Edman M., Kouki J. (2016). Climate and wood quality have decayer-specific effects on fungal wood decomposition. Forest Ecology and Management 360: 341–351.

Vihervaara, P., Mononen, L., Auvinen, A.-P., Virkkala, R., Lü, Y., Pippuri, I., Packalen, P., Valkama, J. (2015). How to integrate remotely sensed data and biodiversity for ecosystem assessments at landscape scale. Landscape Ecology 30(3):501–516.

Viiri H., Ahola A., Ihalainen A., Korhonen K.T., Muinonen E., Parikka H., Pitkänen J. (2011). Kesän 2010 myrskytuhot ja niistä seuraava hyönteistuhoriski. Metsätieteen aikakauskirja 3/2011: 221–225.

Virkkala, R. (2016), Long-term decline of southern boreal forest birds: consequence of habitat alteration or climate change? Biodiversity and Conservation 25: 151–167.

Wallenius, T. **(**2002). Forest age distribution and traces of past fi res in a natural boreal landscape dominated by *Picea abies*. Silva Fennica 36(1): 201–211.

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.). (2010). Hyvän metsänhoidon suositukset: energiapuun korjuu ja kasvatus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisusarja 30.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K., Väisänen, P. (toim.). (2014). Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Liite 1. Puuntuotannon rajoitukset

Puuntuotannon rajoitukset laskenta-aineistossa

Puuntuotannon rajoitukset[1)]	**Rajoitettu puun-tuotanto**	**Puuntuotannon ulkopuolella**
Luonnonsuojelulakiin perustuvat alueet		
Kansallis- ja luonnonpuistot		x
Soiden-, lehtojen- ja vanhojen metsien suojelualueet sekä muut luonnonsuojelualueet		x
Luonnonsuojelulailla suojellut luontotyypit	x	x
Maisemansuojelualueet	x	x
Muut lakiin perustuvat alueet		
Erämaat	x	x
Ulkoilureittialueet ja valtion retkeilyalueet	x	
Muut lakiin perustuvat suojelualueet	x	x
Omistajan päätökseen perustuvat suojelualueet		
Metsähallituksen suojelumetsät		x
Metsähallituksen alue-ekologisen suunnittelun luontokohteet ja muut alueet, joilla puuntuotannon rajoituksia	x	x
Suojametsäalue Metsähallituksen hallinnassa olevalla maalla	x	
Muut suojellut ja rajoitetun käytön alueet	x	x
Metsänjalostus-, tutkimus- ja havaintometsät	x	x
Puolustusvoimien harjoitusalueet	x	x
Virkistysalueet ja muut erikoisalueet	x	x
Suojeluun varatut alueet		
Kansallis- ja luonnonpuistojen kehittämisohjelma-alueet		x
Soidensuojelu-, lehtojensuojelu- ja vanhojen metsien suojeluohjelma-alueet		x
Rantojen-, lintuvesien- ja harjujensuojeluohjelma-alueet	x	x
Muut suojeluohjelma-alueet ja valtioneuvoston periaatepäätöksellä suojeluun varatut muut kuin suojeluohjelmien alueet		x
Kaava-alueet		
Maakunta-, seutu-, yleis-, asema- ja ranta-asemakaava-alueet	x	x
Muut alueet		
Muut Metsähallituksen ilmoittamat omiin päätöksiin perustuvat käytönrajoitukset	x	x
Muut arvot, jotka vaikuttavat metsätalouden harjoittamiseen (metsäluonnon tärkeä elinympäristö, rantametsä, asutuksen välitön läheisyys, maisema-arvot, uhanalaisen tai harvinaisen eliölajin esiintymis- tai pesimisalue sekä muu toimenpiteitä rajoittava syy)	x	
Kitumaa	x	

[1)] Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Valtakunnan metsien ... (2013)

VMI-aineistosta (mittausvuodet 2009-2013) muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet koko Suomessa.

Käsittelyluokka	**Pinta-ala** milj. ha			**Osuus** %
	Metsämaa	Kitumaa	Yhteeensä	
Ensisijaisesti puuntuotanto	17,1	- *	17,1	75,1
Rajoitettu puuntuotanto	1,3	1,1	2,4	10,7
Puuntuotannon ulkopuolella	1,8	1,4	3,2	14,1
Yhteensä	20,3	2,5	22,8	100,0
	Tilavuus milj. m^3			
Ensisijaisesti puuntuotanto	1 928	- *	1 928	81,8
Rajoitettu puuntuotanto	165	29	194	8,2
Puuntuotannon ulkopuolella	200	35	235	10,0
Yhteensä	2 292	64	2 356	100,0

* Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puutuotannon ulkopuolella.

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000