



Ilmastokestävä metsänhoito -taustaraportti metsänhoidon suositusten kehittämiseen

Tiina Törmänen (toim.)

Helsinki 2020

Tämä taustaraportti on tuotettu Metsänhoidon suositukset - ilmastokestävä metsätalous -hankkeessa vuonna 2020. Raportti kokoaa tietoa ilmastokestävästä metsien käytöstä metsänhoidon suositusten jatkokehitystä varten. Metsänhoidon suositukset ovat maa- ja metsätalousministeriön tarjoama palvelu suomalaiselle metsätaloudelle ja osa kansallisen metsästrategian tavoitteiden toteutusta. Metsänhoidon suositusten valmistelua ja ylläpitoa koordinoi Tapio.

Törmänen T. (toim.) 2020 Ilmastokestävä metsänhoito – taustaraportti metsänhoidon suositusten kehittämiseen. Tapion raportteja nro 44.

© Tapio Oy

Kansikuva
Vanhatalo Kalle

ISBN 978-952-5632-99-6

Julkaistu 23.12.2020



Maa- ja metsätalousministeriö

Alkusanat

Metsänhoidon suositukset kokoavat toimivimmat keinot suomalaisen metsän kestäväan hoitoon. Tutkimukseen pohjautuva tieto, ilmastokysymysten huomioiminen ja metsänhoidon entistä laajempi keinovalikoima auttavat metsänomistajaa toteuttamaan omia tavoitteitaan. Suositukset tarjoavat punnittuja perusteita metsänhoidon valintoihin sekä eri tavoitteiden toteuttamiseen ja yhteensovittamiseen.

Tämä raportti kokoaa yhteen tutkimusta ja näkökulmia ilmastokestävästä metsänhoidosta. Tavoitteena on ollut määrittää ilmastokestävän metsänhoidon avainkysymyksiä ja hakea niihin tutkimustietoon pohjautuvia vastauksia. Raporttiin on koottu metsänhoidon ilmastokestävyyteen liittyvää tieteellistä näyttöä eri tieteenaloilta sekä käytännön metsätoimijoiden ja metsänomistajien näkemyksiä. Keskeisen osan tehtyä taustatyötä muodostavat erilliset raportit, kuten Ilmatieteen laitoksen yhteenveto ilmastomuutokseen liittyvistä faktoista sekä Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen selvitys ilmastomuutoksen vaikutuksista metsiin ja metsänhoitoon. Taustatyönä on tarkasteltu myös ilmastokestävän metsätalouden toteutusta Ruotsissa.

Taustaraporttia hyödynnetään metsänhoidon suositusten uudistamisessa. Tavoitteena on, että ilmastokestävyydestä tulee kiinteä osa hyvän metsänhoidon kokonaisuutta ja metsätalouden eri toimenpiteiden päätöksentekoa.

Ilmastomuutoksen vaikutusten vähentämiseen tarvitaan sekä sopeutumis- että hillintätoimia. Sopeutuminen edellyttää metsänomistajilta ja metsäammattilaisilta määrätietoisia toimia, jotta elinvoimaisuus ja kasvukyky voidaan turvata ja monimuotoisuutta parantaa muuttuvissa oloissa. On entistä tärkeämpää varautua lisääntyviin tuhoriskeihin. Metsänomistaja voi toimillaan myös vaikuttaa ilmastomuutoksen hillintään eri tavoin. Terveet ja hyvin hoidetut metsät ovat paras hiilinielu. Lisäksi kasvavat metsät toimivat uusiutuvan raaka-aineen ja energian lähteinä ja niiden avulla voidaan korvata fossiilisia raaka-aineita tuotteiden ja polttoaineiden valmistuksessa. Metsien puusto ja maaperä ovat tärkeitä hiilen varastoja. Metsien kasvua ja siten hiilensidontaa voidaan tehostaa metsien hyvällä hoidolla, lannoituksella ja jalostetun metsänviljelymateriaalin avulla. Turvemaiden ja niiden metsillä on aivan erityinen asema ilmastokestävydessä.

Kansallinen metsästrategia 2025 sisältää Suomen metsäpolitiikan keskeiset linjaukset. Vuonna 2019 päivittyneessä strategiassa huomioidaan aiempaa selkeämmin myös keinot ilmastokestävyyden ja metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamiseen. Hiilineutraali Suomi 2035 -tavoitteen saavuttaminen vaatii merkittäviä ja nopeita energiasektorin ja liikenteen päästövähennystoimia, mutta myös maankäyttösektorin päästöjen vähentämistä sekä hiilinielujen ja -varastojen vahvistamista. Tässä metsillä on keskeinen rooli.

Metsänhoidon suosituksista hyötyvät metsänomistajat, heitä palvelevat ammattilaiset sekä yhteiskunta. Niiden tavoitteena on edistää metsien aktiivista, monipuolista ja kokonaiskestävää käyttöä. Siten ne osaltaan toteuttavat myös metsästrategiaa ja hallitusohjelmaan kirjattuja maankäyttösektorin ilmastotavoitteita.

Helsingissä 7. joulukuuta 2020.

Satu Rantala, neuvotteleva virkamies, maa- ja metsätalousministeriö

Sisällys

ALKUSANAT	3
1 JOHDANTO	6
1.1 Ilmastokestävyys kiinteäksi osaksi metsänhoidon suosituksia.....	6
1.2 Ilmastokestävyys metsien käytössä.....	7
1.2.1. Kansainvälinen viitekehys.....	10
1.2.2. Suomen tavoitteet ilmastonmuutoksen hillinnässä ja sopeutumisessa.....	11
1.2.3. Kansallinen metsästrategia 2025 ilmastonmuutoksen kannalta	12
1.2.4. Suomen metsävarojen kehitys ja metsien hiilitase	15
1.3 Metsänhoidon suositukset ohjaavana keinona	17
1.3.1. Metsänhoidon suositusten rooli osana kokonaisuutta	17
1.3.2. Ilmastonmuutoksen käsittely nykyisissä metsänhoidon suosituksissa	18
1.3.3. Ilmastokestävyys osana metsänomistajan päätöksentekoa.....	18
2 TILANNEKUVAN KOONTI.....	20
2.1 Aineiston koonnin menettelyt	20
2.2 Aineiston koonti ja tuloksia	22
2.2.1. Ilmasto ja metsänhoidon suositukset -aloitustilaisuus.....	22
2.2.2. Metsänhoidon suositukset ja ilmastokestävä metsätalous-tutkijatyöpajat.....	23
2.2.3. Tutkijakysely.....	24
2.2.4. Alueelliset metsänhoidon suositusten pyöreä pöytä -tilaisuudet	25
2.2.5. Katsaus Ruotsin metsäohjelmaan	27
2.2.6. Hankkeeseen tehdyt muut selvitykset/toimintaympäristön katsaus	29
2.2.7. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta - Ilmatieteen laitoksen raportti.....	30
2.2.8. Ilmastonmuutos ja metsänhoito - yhteenvetoraportti	31
3 TUTKIMUSSYNTESI	33
3.1 Tutkimussynteesin rakenne.....	33
3.1.1 Taulukon selitteet	33
3.1.2 Tutkimusnäytön vahvuuden arviointi.....	34
3.2 Tutkimusnäytön vahvuuden ja vaikutusten arviointi	35
4 TULOSTEN YHTENVETO	36
4.1 Ilmastokestävyden terminologia.....	36
4.2 Metsänomistajien odotukset ja tavoitteet	39
4.3 Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa	41

4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin	46
4.5 Metsiä uhkaavat tuhot	53
4.6 Ilmastonmuutokseen sopeutuminen metsätaloudessa	56
4.7 Ilmastonmuutoksen hillintä metsätaloudessa	62
4.8 Tavoitteita metsänhoidon suositusten uudistettaville teemoille	73
4.8.1 Metsänhoitotoimenpiteiden ilmastovaikutusten kuvaaminen	74
4.8.2 Suometzien hoidon kokonaisuus	74
4.8.3 Dynaamiset harvennusmallit ja uudistamisajankohdat	75
4.8.4 Metsityksen käytännöt	75
4.8.5 Metsätuhoriskit ja niiden hallinta	76
4.8.6 Sekametsien perustaminen ja hallinta	76
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	77
LÄHTEET	80
LIITTEET	80
Liite 1 – Ilmasto ja Metsänhoidon suositukset - aloitustilaisuus	85
Liite 2 – Tutkijatyöpajojen yhteenveto	85
Liite 3 – Pyöreän pöydän tulosityhteenveto	85
Liite 4 – Ruotsin metsäohjelman tarkasteluraportti	85
Liite 5 – Tutkimussynteesi	85
Liite 6 – Ilmatieteen laitoksen raportti Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta	85
Liite 7 – Luonnonvarakeskuksen ja Suomen Ympäristökeskuksen raportti Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon	85

1 Johdanto

1.1 Ilmastokestävyys kiinteäksi osaksi metsänhoidon suosituksia

Metsänhoidon suositukset ovat maa- ja metsätalousministeriön tarjoama palvelu suomalaiselle metsätaloudelle ja osa kansallisen metsästrategian tavoitteiden toteutusta. Suositusten avulla tähdätään kokonaiskestävään metsien hoitoon ja käyttöön sekä metsistä saatavan hyvinvoinnin kasvuun. Metsänhoidon suositukset – ilmastokestävä metsätalous -hankkeen 2020–2023 myötä ilmastokestävyys tulee olemaan kiinteä osa metsänhoidon vaihtoehtoja.

Metsänhoidon suositukset on kokoelma riippumattomia, tutkimustietoon ja käytännön kokemuksiin perustuvia suosituksia. Tiedon pohjalta laaditaan synteesejä, joita hyödynnetään määrittäessä metsänhoitoon yhteisesti sovittuja parhaita käytäntöjä.

Metsänhoidon suositusten ilmastokestävyttä koskevalla kehitystyöllä laitetaan toimeen KMS 2025:n sisältämiä ilmastoon ja metsiin liittyviä tavoitteita. Suositusten kehittämisellä toteutetaan myös pääministeri Marinin hallitusohjelman tavoitetta *Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi*. Metsänhoidon suositukset

Nykyisissä metsänhoidon suosituksissa käsitellään ilmastomuutokseen sopeutumista, mutta ilmastomuutoksen hillinnän näkökulmaa ei ole juurikaan kuvattu. Nämä molemmat näkökulmat tuodaan esille päivitettyissä suosituksissa entistä paremmin ja uusimpaan tutkimukseen perustuen. Suositusten kehittämisen tiekartta (kuva 1) vuosille 2020–2023 kuvaa aikataulua ja uudistustyön päävaiheita.

Tavoitteena ilmastokestävyiden tuominen osaksi Metsänhoidon suosituksia



Kuva 1. Metsänhoidon suositusten uudistamisen tiekartta vuosille 2020–2023. Tavoitteena on, että vuonna 2023 ilmastokestävyys on kiinteä osa hyvän metsänhoidon kokonaisuutta.

Tämän selvityksen tavoitteena on koota yhteen vuonna 2020 kerätty taustamateriaali ilmastokestävästä metsänhoidosta. Koontia ja sen perusteella tehtyä kokonaisanalyysiä hyödynnetään metsänhoidon suositusten vuonna 2020 uudistettavien periaatteiden laadinnassa sekä suositusten jatkokehityksessä. Koottu taustamateriaali sisältää eri tieteenalojen ja käytännön toimijoiden näkemyksiä ja tutkittua tieteellistä tietoa ilmastokestävästä metsätaloudesta ja sen suhteesta metsänhoidon kokonaiskestävyyteen.

Tapion työryhmästä raportin kommentointiin ovat osallistuneet Arto Koistinen, Risto Päivinen ja Kalle Vanhatalo.

1.2 Ilmastokestävyys metsien käytössä

Metsien kestävä käyttö

Kestävässä metsätaloudessa otetaan huomioon taloudellinen, ekologinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys¹. Kansallinen metsästrategia² määrittelemässä kestävässä metsätaloudessa metsäekosysteemin hoito ja käyttö ei vaaranna metsien monimuotoisuutta, tuottavuutta, uusiutumiskykyä, ja elinvoimaisuutta sekä mahdollisuutta toteuttaa nyt ja tulevaisuudessa merkityksellisiä ekologisia, taloudellisia ja sosiaalisia toimintoja paikallisilla, kansallisilla ja maailmanlaajuisilla tasoilla eikä aiheuta vahinkoa muille ekosysteemeille. Metsien kestävä hoito ja käyttö terminä pitää sisällään myös metsien suojelun.

Ilmastokestävyys voidaan nähdä erillisenä kestävän metsätalouden elementtinä, jolla on vuorovaikutusta muihin kestävyiden lajeihin³. Joissain tapauksissa ilmastomuutoksen hillintä ja ilmastomuutokseen sopeutuminen nähdään osana ekologista kestävyyttä⁴.

Metsien kestävällä käytöllä ja sen osa-alueiden samanaikaisella huomioimisella edistetään metsäekosysteemin kokonaisvaltaista hyvinvointia. Hyvinvoiva metsä on kestävämpi ilmastomuutosta ja sen lisäämiä tuhoriskejä vastaan, turvaten samalla myös metsien kyvyn toimia ilmastomuutoksen hillitsijänä.

Metsien merkitys ilmastomuutoksen hillinnässä

Metsät ovat keskeisiä ekosysteemejä ilmastomuutoksen hillitsemisessä ja ne ovat suorassa yhteydessä sekä ilmakehässä, että maaperässä tapahtuviin muutoksiin. Metsässä kasvava puusto sitoo itsessään merkittäviä määriä hiiltä ilmakehästä yhteyttämisen kautta. Suomen metsät ovat tällä hetkellä hiilinielu⁵, koska metsien puustoon ja maaperään sitoutuu vuosittain enemmän hiiltä kuin niistä vapautuu takaisin ilmakehään⁶. Metsätalouden hiilinielun voimakkuuden on arvioitu olevan noin 1 tonni hehtaaria kohti vuodessa⁷.

¹ viitattu 16.11. <https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsatalouden-kestavyys>.

² Kansallinen metsästrategia 2025.

³ esim. Bodwich et. al. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. Ecosystem Services Volume 43.

⁴ esim. Kansallinen metsästrategia 2025-esite.

⁵ viitattu 16.11.2020 <https://hiilivapaasuomi.fi/2019/08/01/metsat-ja-ilmastonmuutos-abc/>

⁶ Tilastokeskus, 2020. Statistics Finland: Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990–2018, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol, Helsinki. 2020.

⁷ viitattu 16.11.2020 <https://hiilivapaasuomi.fi/2019/08/01/metsat-ja-ilmastonmuutos-abc/>

Hiili varastoituu metsässä sekä maanpäälliseen ja -alaiseen elävään ja kuolleeseen biomassaansa. Lopulta puustoon sitoutunut hiili palautuu takaisin kiertoon hajoamisprosessien myötä. Metsät tuottavat ilmaan myös haihtuvia yhdisteitä, joiden on todettu viilentävän ilmastoa⁸.

Hiiltä varastoituu myös puusta valmistettaviin lyhyt- ja pitkäikäisiin tuotteisiin. Metsän uusiutuvan raaka-aineen hyödyntämisen ilmastovaikutuksia voidaan parantaa myös valmistamalla tuotteita, jotka korvaavat tuotteita, joiden valmistaminen aiheuttaa paljon päästöjä⁹.

Metsillä on tärkeä rooli sekä hiilinieluna että myös hiilen varastona. Vuonna 2018 Suomen metsien nettohiilinielu oli -17,5 milj.t CO₂ ekv ilman puutuotteita (Kuva 2). Kaikkiaan metsien hiilen varastot jakaantuvat valtakunnallisella tasolla seuraavasti: Puustoon (puuainekseen) sitoutuneen hiilen varasto on n. 3,196 mrd. CO₂ ekv tonnia (842 milj. tonnia hiiltä) ja sen vuotuinen nettolisäys on 15,4 milj.t CO₂ ekv vuonna 2018. Puuston kasvu on siten Suomessa suurempi kuin sen poistuma^{10,11}.

Kangasmetsien maaperässä on hiiltä noin 960 milj. tonnia¹², joka on noin 3550 milj. CO₂ ekv tonnia. Keskimääräinen vuotuinen hiilensidonta kangasmailla on vaihdellut välillä 0,45–0,51 CO₂ ekv tonnia ha⁻¹ vuosina 1990 ja 2017 Suomessa. Vuonna 2018 kangasmaiden ja lahoppuun hiilinielu oli -9 milj. t CO₂ ekv.^{13,14,15}

Suometsien turpeeseen on sitoutunut hiiltä yhteensä noin. 5600 milj. tonnia, joka vastaa noin 20200 milj. CO₂ ekv. tonnia¹⁶, ja suot ja turvemaat ovat koko Suomen tärkein hiilivarasto.

⁸ viitattu 25.11.2020 Metsät tuottavat ilmaan myös haihtuvia yhdisteitä, joiden on todettu viilentävän ilmastoa.

⁹ Mukailleen lähde: Kohti hiilineutraaleja kuntia ja maakuntia (CANEMURE) -hanke. Ilmastoystävällisyyttä metsien käyttöön -julkaisu 6/2020. Julkaisija Suomen ympäristökeskus.

¹⁰ Tilastokeskus, 2020. Statistics Finland: Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2018, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol, Helsinki, 2020.

¹¹ Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

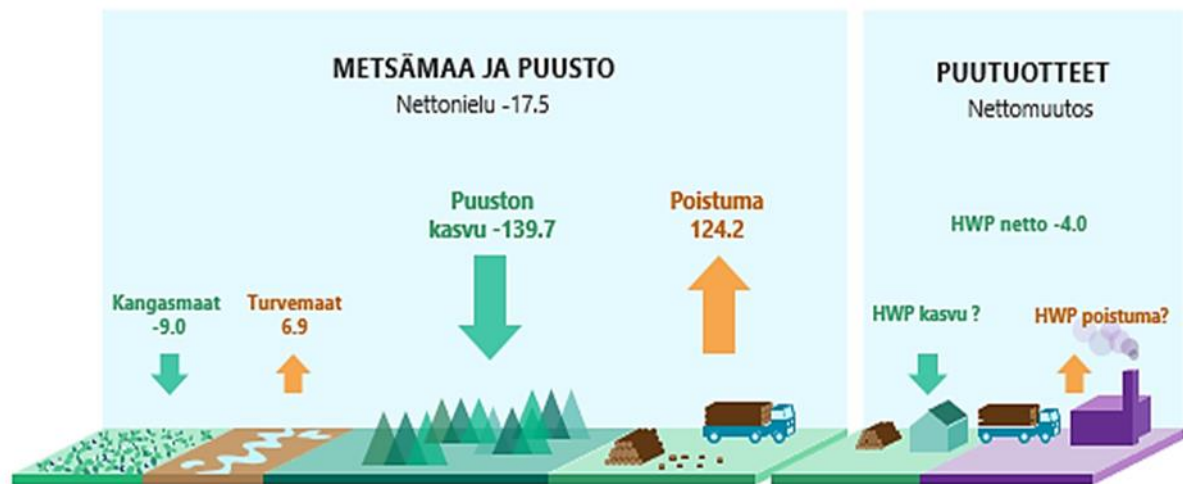
¹² Liski, J., Lehtonen, A., Palosuo, T., Peltoniemi, M., Eggers, T., Muukkonen, P., Mäkipää, R., 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 – an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Annals of Forest Science* 63: 687–697. <https://doi.org/10.1051/forest:2006049>

¹³ EU NIR 2019: European Union. National Inventory Report (NIR). <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2019> (21.1.2020)

¹⁴ Tilastokeskus, 2020. Statistics Finland: Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2018, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol, Helsinki, 2020.

¹⁵ Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito : Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

¹⁶ Turunen, J. 2008. Development of Finnish peatland area and carbon storage 2000. *Boreal Environment Research* 13: 319–334



Kuva 2. Metsien ja puutuotteiden hiilen virrat. Luvut perustuvat vuoden 2020 kasvihuonekaasuinventaarioon. HWP = harvested wood production. Lähde: YM, MMM, TEM ja Ilmasto-opas.fi

Metsänhoito ja ilmastomuutoksen hillintä

Metsien kykyyn toimia hiilivarastona ja -nieluna voidaan vaikuttaa metsänhoidolla. Metsien käsittelypäätöksiä tehtäessä tuleekin ottaa huomioon mahdollisuudet hiilivarastojen ylläpitoon ja kasvattamiseen. Metsissä tehtävillä ratkaisuilla on merkittävä rooli Suomen ilmastotavoitteiden toteuttamisessa.

Metsänhoidolla voidaan tähdätä siihen, että metsäekosysteemin kyky sitoa ja varastoida hiiltä vahvistuu jatkuvasti. Hiilen ja hiilidioksidin lisäksi tulee kiinnittää huomiota myös voimakkaiden kasvihuonekaasujen, kuten metaanin ja typpioksiduulin, muodostumiseen metsäekosysteemeissä.

Metsäpinta-alan kasvattaminen, suojelualueiden lisääminen ja soiden ennallistaminen ovat potentiaalisia ilmastomuutoksen hillinnän toimia, joilla voidaan edistää hiilen varastointia metsäekosysteemiin. Menetelmien toimivuutta tulee kuitenkin tarkastella kestävyiden eri näkökulmista sekä eri aikaväleillä.

Jotta metsien puuston hiilivarastoja voidaan kasvattaa ja ylläpitää, tulee metsien olla entistä kestävämpiä lisääntyviä sään ääri-ilmiöitä ja metsätuhoja vastaan. Metsiin kohdistuvien riskien hallinta edellyttää entistä parempaa riskien tunnistamista ja niihin varautumista lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Tämä edellyttää metsien hoidossa uusia toimintatapoja ja sopeutumista. Ilmastomuutokseen sopeutumista voidaan parantaa eri tavoin kuten metsien sekapuustoisuutta lisäämällä sekä käyttämällä metsänuudistamisessa jalostettua metsäviljelymateriaalia.

Ilmastokestävyys metsätalouden terminä

Ilmastokestävyys (eng. esimerkiksi climate resilience) -termin käyttö on lisääntynyt viime aikoina eri teollisuuden aloilla. Metsätalouden ilmastokestävyyttä on määritelty myös kansainvälisesti (eng.

esimerkiksi climate smart forestry)¹⁷. Suomessa metsäalan ilmastokestävyys nähdään tyypillisesti osana metsänhoidon kokonaiskestävyyttä. Termien käyttö on vaihtelevaa varsinkin käytännön metsätaloudessa.

Metsien käytön ilmastokestävyyttä tai siihen liittyviä teemoja on kuvattu Suomessa mm. seuraavilla termeillä: ilmastoviisas metsätalous/metsänhoito, ilmastoviisas metsänomistaja (ilmastosankari), hii-
liviisas metsien hoito ja Kaukaa viisas metsänhoito.

Tässä työssä tavoitteena on ollut määritellä mitä ilmastokestävyys tarkoittaa metsänhoidossa (luku 5.1), ja tuoda määrittely osaksi metsänhoidon suositusten periaatteita.

1.2.1. Kansainvälinen viitekehys

Keskeiset kansainväliset ilmastositopimukset

Maapallon lämpenemistä yritetään hillitä kansainvälisillä sopimuksilla ja yhteiseksi tavoitteeksi on asetettu lämpenemisen rajaaminen alle kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna¹⁸. Jotta tämä toteutuisi, tulisi kasvihuonekaasupäästöjä saada hillittyä lyhyellä aikavälillä maailmanlaajuisesti entistä enemmän. Hallitusten välinen ilmastomuutospaneeli IPCC arvioi vuonna 2018 julkaistussa Global Warming of 1.5 °C- raportissa¹⁹, että maapallon keksilämpötilan nousu ylittää 1,5 astetta vuosisadan puoliväliin mennessä, ellei lämpenemisen aiheuttamien tekijöiden vaikutuksia saada pienennettyä. Tämän rajan ylityksellä tulisi olemaan merkittäviä haittoja ekosysteemien toiminnalle. Raportin viesti on, että nykyiset sopimukset ja toimet ilmastomuutoksen hillintään eivät ole riittäviä, vaan tähän tähtäviä toimia tulee tehostaa entistä monipuolisimmin keinoin.

Tärkeimpiä kansainvälistä ilmastopolitiikkaa ohjaavia sopimuksia ovat YK:n ilmastositopimus, Kioton pöytäkirja ja Pariisin ilmastositopimus. YK:n ilmastositopimus tuli voimaan 1994 ja sen on ratifioinut 197 maata Suomi mukaan lukien. Sopimuksen tärkeimpänä päämääränä on ihmistoiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vakauttaminen vaarattomalle tasolle. Sopimuksen mukaan kaikilla mailla tulee olla ilmastomuutoksen sopeutumiseen ja hillintään tähtäävät kansalliset ohjelmat. Maiden täytyy suojella hiilinieluja ja -varastoja²⁰.

Toisin kuin YK:n ilmastositopimus, Kioton pöytäkirja velvoittaa maat sitoviin päästövähennyksiin. Pöytäkirja astui voimaan 2005 ja sen on ratifioinut 192 maata. Pöytäkirja on jaettu kahteen velvoitekauteen ja Suomen velvoite oli ensimmäisellä kaudella vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuosien 2008–2012 aikana vuoden 1990 tasolle. Toinen velvoitekausi on vuosien 2013–2020 aikana. Sopimuksen mukaan päästövähennysvelvoitteita voidaan korvata joustomekanismilla, mihin liittyy EU:n päästökauppa ja päästökaupparekisteristä vastaa Energiavirasto²¹.

Pariisin sopimus tuli voimaan 4. marraskuuta 2016, kun sen oli ratifioinut 55 maata, joiden osuus on vähintään 55 prosenttia maailman päästöistä. Kaikki EU-maat ovat ratifioineet sopimuksen. Pariisin

¹⁷ Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder, F., del Río, M., La Porta, N., Kluvankova, T., Lesinski, J., Motta, R., Pach, M., Panzacchi, P., Pretzsch, H., Temperli, C., Tonon, G., Smith, M., Velikova, V., Weatherall, A., and Tognetti, R. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. Ecosystem Services, Volume 43, 101113.

¹⁸ viitattu 23.11.2020 <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/usein-kysytyt-kysymykset.html>

¹⁹ viitattu 23.11.2020 <https://www.ipcc.ch/sr15/>

²⁰ viitattu 23.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/f65a78bb-dc8e-41a5-b09a-6fa36661880b/sopimukset-ohjaavat-kansainvalista-ilmastopolitiikka.html>

²¹ viitattu 23.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/f65a78bb-dc8e-41a5-b09a-6fa36661880b/sopimukset-ohjaavat-kansainvalista-ilmastopolitiikka.html>

ilmastosopimus täydentää YK:n ilmastopöytäkirjaa ja sen tavoitteeksi on määritelty, että maapallon keskilämpötilan nousu saadaan rajattua 1,5 asteeseen. Sopimuksen mukaan kasvihuonekaasupäästöt tulisi saada laskuun ja nielut sekä päästöt tasapainoon vuosisadan loppuun mennessä. Ilmastomuutokseen sopeutuminen ja ilmastokestävyys on huomioitu pitkän aikavälin tavoitteessa. Sopimus astui voimaan 2016 ja sen on ratifioinut 185 maata²².

EU:n tasolla keskeisiä päätöksiä EU:n metsästrategian osalta linjattiin lokakuussa 2020 Euroopan parlamentin hyväksymässä päätöslauselmassa. Päätöslauselman mukaan metsästrategian tulee tukea kestävää metsänhoitoa, puuraaka-aineen käyttömahdollisuuksien lisäämistä ja vastuullisia metsänomistajia. Taloudellisen tuen tulisi olla nykyistä suurempi metsänomistajan harjoittaessa kestävää metsätaloutta.

Suomessa ilmastopöytäkirjojen asettamien velvoitteiden toteutumista seurataan Luonnonvarakeskuksen laskelmien avulla, joilla asetetaan ilmastopoliittisesti kestävä hakkuun taso. EU:n LULUCF-asetus (land use, land use change and forest) määrittää, miten metsien hiilinielut lasketaan ja huomioidaan ilmastotavoitteissa. Asetuksen kriteerien mukaan jäsenmaiden metsille asetetaan vertailutaso vuosille 2021–2025 ja 2026–2030 ja tasoja vastaan arvioidaan nielujen todellinen kehitys kaudella 2021–2025. Todellisen nielun ylittäessä vertailutason saa kyseinen maa tästä laskennallisen hyödyn. Suomen uusimmat vertailutasolaskelmat on julkaistu marraskuussa 2020²³.

1.2.2. Suomen tavoitteet ilmastomuutoksen hillinnässä ja sopeutumisessa

Suomen ilmastopoliittikkaan säätelee kansallinen ilmastolaki²⁴ vuodelta 2015, joka velvoittaa viranomaisia. Ilmastolaki edellyttää, että valtion keskushallinto arvioi riskejä ilmastomuutoksen kansallisen sopeutumis suunnitelman toimeenpanon ja päivittämisen tueksi. Laki asettaa Suomen ilmastotavoitteet sekä säätää ilmastopoliittisen suunnittelujärjestelmän.

Suunnittelujärjestelmä koostuu kolmesta eri suunnitelmasta, joiden tavoitteet koskevat ilmastomuutoksen hillitsemistä, että siihen varautumista. Suunnitelmat on jaettu keskipitkän- ja pitkän aikavälin suunnitelmaan sekä ilmastomuutosta käsittelevään suunnitelmaan. Tämän lisäksi Suomessa on lukuisia muita erilaisia prosesseja, joissa pyritään tulevaisuuden ennakkointiin ja joissa on olennaista ottaa ilmastomuutos huomioon vähintään yleisellä tasolla²⁵.

Hallitus on päivittämässä ilmastolakia, jotta se vastaisi vuoden 2035 hiilineutraaliuustavoitetta ja vahvistaa lakia. Hallituksen esityksen on määrä valmistua vuoden 2021 alussa. Vuoden 2050 tavoitetta päivitetään ja lakiin lisätään päästövähennystavoitteet vuosille 2030 ja 2040. Ilmastolakiin otetaan myös mukaan maankäyttösektori ja hiilinielujen vahvistamista koskeva tavoite²⁶.

Nykyisen ilmastolain mukaan Suomen on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 80 prosenttia vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 1990. Hallituksen asettaman tavoitteen mukaan

²² viitattu 23.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/f65a78bb-dc8e-41a5-b09a-6fa36661880b/sopimukset-ohjaavat-kansainvalista-ilmastopoliittikkaa.html>

²³ viitattu 23.11.2020 <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2019/12/NFAP-for-Finland-20-December-2019.pdf>

²⁴ viitattu 25.11.2020 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150609>.

²⁵ Hildén M., Haavisto R., Harjanne, A., Juhola, S., Luhtala, S., Mäkinen, K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J. ja Tuomenvirta H. 2018. Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmastoriskien arviointien järjestämiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2018.

²⁶ viitattu 25.11.2020 <https://valtioneuvosto.fi/-/ilmastolain-uudistus-kayntiin-kansalaisia-kuuntelemalla>.

Suomi on hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen pian sen jälkeen. Tämän saavuttamiseksi Suomessa on yhdeksän erillistä tavoitetta, joista osa sisältää selkeästi metsiin liittyviä toimia²⁷.

Tavoitteen kaksi mukaan Suomi pyrkii olemaan maailman ensimmäinen fossiilivapaa hyvinvointiyhteiskunta. Tämän tavoitteen alle on listattu, että turpeen pääasiallinen energiakäyttö päättyy nykyennusteiden mukaisesti 2030-luvun aikana, mutta turve säilytetään huoltovarmuuspolttoaineena. Turpeen energiakäyttö vähintään puolitetaan vuoteen 2030 mennessä.

Tavoitteen kolme²⁸ mukaan Suomen hiilinieluja ja -varastoja vahvistetaan sekä lyhyellä-, että pitkällä aikavälillä ja nettonielua kasvatetaan. Maankäyttösektorin ilmasto-ohjelman toimenpiteisiin on lisätty mm:

- Metsien hoidosta, kasvukyvystä ja terveydestä huolehtiminen
- Metsityksen edistäminen
- Metsäkadon vähentäminen
- Keinot soiden ja turvemaiden päästöjen vähentämiseen
- Suometsien ilmastokestävä hoito
- Maatalousmaan päästöjen vähentäminen ja hiilensidonnan vahvistaminen

Tavoitteen viisi päämääränä on pysäyttää luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen Suomessa ja saavuttaa YK:n biodiversiteettisopimuksen tavoitteet. Toteuttamiskeinoina on listattu mm. rahoituksen ja erilaisten toimintaohjelmien lisääminen ja ylläpitäminen, sekä aiheeseen liittyvän koulutuksen, tutkimuksen ja toimenpiteiden vaikuttavuuden edistäminen. Kestävän kehityksen tavoitteiden toteuttaminen on mahdollista vain, jos ilmaston lämpenemisen ja luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen pysäyttäminen on edellytys, jotta Suomi pääsee kestävän kehityksen mukaisiin tavoitteisiin²⁹.

1.2.3. Kansallinen metsästrategia 2025 ilmastonmuutoksen kannalta

Kansallinen metsästrategia³⁰ pyrkii edistämään metsistä saatavaa hyvinvointia, lisäämään biotaloudesta saatavaa elinvoimaa Suomessa sekä turvaamaan metsien kestävä taloudellinen, sosiaalinen, kulttuurillinen ja ekologinen käyttö sekä hyödyntäminen.

Suomen Kansallinen metsästrategia 2025 versiota vuodelta 2015 on päivitetty ja se vahvistettiin vuonna 2019. Päivitetyssä versiossa korostetaan ilmastokestävyyden ja metsäluonnon monimuotoisuuden säilyttämistä Agenda 2030-ohjelman mukaisesti. Kansallisen metsästrategian mukaan aktiivisella ja kestävällä metsien hoidolla lisätään metsien kasvua niin, että metsät säilyvät hiilinieluina ja raaka-ainetta riittää samalla teollisuuden tarpeisiin ja korvaamaan fossiilisia raaka-aineita.

²⁷ viitattu 25.11.2020 <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka>.

²⁸ viitattu 25.11.2020 <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

²⁹ viitattu 25.11.2020 <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

³⁰ Kansallinen metsästrategia 2025.

Suomen metsäpoliittisen selonteon ja metsästrategian³¹ visio (kuva 3) on: Metsien kestävä hoito ja käyttö on kasvavan hyvinvoinnin lähde. Visioon tueksi on asetettu kolme strategista päämäärää, jotka ovat:

- Suomi on kilpailukykyinen toimintaympäristö metsiin perustuville liiketoiminnoille
- Metsäala ja sen rakenteet uudistuvat ja monipuolistuvat
- Metsät ovat aktiivisessa, taloudellisesti, ekologisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävässä ja monipuolisessa käytössä



Kuva 3. Metsästrategian vision ja päämäärien muodostama kolmio. Keskellä on vision tavoite kasvava hyvinvointi ja kolmion kärkinä keskenään yhteydessä olevaa kolme strategista päämäärää.

Kolmen strategisen päätavoitteen alla on listattu 27 erillistä tavoitetta, jotka on ryhmitelty seitsemän kokonaisuuden alle.

Hankkeen E ”Ilmastokestävä metsätalous” tavoitteena on tuottaa tietoa metsien roolista ilmastonmuutoksen torjunnassa ja sopeutumisessa³².

Kansallinen metsästrategia tukee metsien osalta biotalousstrategian toteuttamista. Metsiä koskevia asioita linjataan myös muissa kansallisissa strategioissa ja ohjelmissa (kuva 4). Niitä ovat muun muassa Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma METSO, energia- ja ilmastopoliittinen strategia, kansallinen biodiversiteettistrategia sekä maaseutu- ja aluepoliittiset strategiat ja ohjelmat. Lisäksi metsäpolitiikkaan vaikuttavat lukuisat kansainväliset ja EU:n politiikat. Metsäpoliittisessa selonteossa ja Kansallisessa metsästrategiassa kootaan ja sovitetaan yhteen metsiä koskevia linjauksia³³.

³¹ Kansallinen metsästrategia 2025.

³² Kansallinen metsästrategia 2025.

³³ Kansallinen metsästrategia 2025.



Kuva 4. Kansallinen metsästrategia ja sen liittymät muihin poliittisiin ohjelmiin.

Keskeisenä metsien käyttöä ohjaavana ohjelmana on YK:n kestävän kehityksen toimintaohjelma Agenda 2030, joka hyväksyttiin vuonna 2015. Ohjelmalla on yhteys Kansalliseen metsästrategiaan. Ohjelmalla on 17 laajaa tavoitetta (kuva 5)³⁴. Suomen osalta suurimmiksi haasteiksi listataan ilmastomuutos ja luonnon monimuotoisuus.



Kuva 5. Agenda 2030-ohjelman keskeiset tavoitteet.

³⁴ viitattu 25.11.2020 <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>

1.2.4. Suomen metsävarojen kehitys ja metsien hiilitase

Metsävarojen kehittyminen 1950-luvulta tähän päivään

Vaikka metsien käyttö on lisääntynyt ja metsäpinta-alan pienentynyt, on Suomen metsävarat kasvaneet kiihtyvällä vauhdilla useiden vuosikymmenien ajan metsien kasvun lisääntyessä ja kasvun ylittävissä poistuman. Arvioiden mukaan metsien kasvu yhä kiihtyy Suomessa ilmasto-olosuhteiden muuttuessa. Myös hakkuumäärät ovat kasvaneet ja niiden odotetaan pystyvän kasvamaan entisestään tulevaisuudessa^{35,36}.

Suomen metsävaroja on tilastoitu vuodesta 1920 lähtien Valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI). Tietoa tuottaa nykyisin Luonnonvarakeskus (Luke). Inventointityön alkuvaiheessa sen päätehtävä oli tuottaa tietoa metsien tilasta, puuvarojen riittävydestä ja metsien verotusperusteista³⁷. Kolmanteen VMI:n (1951–1953) tuli mukaan metsä- ja suokasveja ja niiden esiintymisen sekä kasviyhdyksien ja eräiden eläinlajien esiintymisen arviointia. Näin pystyttiin tuottamaan tietoa mm. aluskasvillisuudessa tapahtuneista muutoksista. Nykyisellä VMI-arvioinnilla tuotetaan tietoa maankäytöstä ja sen muutoksista, puuston määrästä ja kasvusta, hakkuumahdollisuuksista, metsien terveydentilasta ja metsähoidollisesta tilasta sekä metsien monimuotoisuuden indikaattoreista³⁸.

Suomen pinta-alasta metsät peittävät noin kolme neljäsosaa, mikä tekee Suomesta Euroopan metsäisimmän maan³⁹. Metsämaaksi luokiteltavien alueiden pinta-ala on kasvanut 1960-luvulta lähtien aina 1980-luvulle saakka soiden ojitusten ja peltojen metsityksien myötä. Myöhemmin pinta-alat ovat pysyneet ennallaan (Taulukko 1).

Sotien jälkeen voimakas puunkäyttö ja metsien maankäytön muutokset vähensivät puuston määrää. Suomen metsävarat sittemmin kasvaneet erityisesti 1970-luvulta lähtien⁴⁰ ja uusimman VMI12-mittausten mukaan puuston määrä kasvaa edelleen. VMI12 on toteutettu vuosina 2014–2017⁴¹.

Puuston määrän kasvuun eniten vaikuttavia tekijöitä ovat olleet metsämaan osuuden kasvaminen, mutta ennen kaikkea 1950-luvun harsintametsätaloudesta luopuminen ja 1960-luvulta alkanut panostus metsänhoitoon. VMI-12 inventoinnin mukaan puuston määrä on 2,5 miljardia kuutiometriä, joka on n. 1 miljardia kuutiometriä suurempi kuin VMI3:ssa. Vuotuinen kasvu, 107,0 miljoonaa kuutiometriä, on 52 miljoonaa kuutiometriä VMI3 suurempi⁴².

³⁵ viitattu 26.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/>

³⁶ viitattu 26.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/>

³⁷ viitattu 26.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/metsavarat/>

³⁸ 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.

³⁹ FOREST EUROPE 2015. State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe FOREST EUROPE Liaison Unit Madrid. 314 s.

⁴⁰ 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.

⁴¹ viitattu 26.11.2020 <https://www.luke.fi/uutinen/valtakunnan-metsien-12-inventointi-vmi12-puuvarat-kasvavat-edelleen/>

⁴² https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/10/Tiedote-vmi-2018-liite_1.pdf

Taulukko 1. Suomen metsävaratietojen vertailu VMI3 ja VMI 12⁴³.

	VMI 3 milj. ha	VMI12 milj. ha
Maa pinta-ala	30,5	30,4
metsätalousmaa	26,3	26,2
metsä- ja kitumaa	21,9	22,8
	milj. m³	milj. m³
Puuston tilavuus	1538	2 473
mänty	672	1245
kuusi	549	734
koivu	282	413
muu lehtipuu	35	81
	m³/ha	m³/ha
Keskitilavuus	70,3	108,4
	milj. m³	milj. m³
Puuston vuotuinen kasvu*	55,2	107,0
mänty	21,5	49,3
kuusi	20,3	33,4
koivu	13,4**	20,3
muu lehtipuu	-	4,0
	m³/ha	m³/ha
Keskikasvu	2,5	4,7
* kasvun mittausjakso on 5 inventointia edeltävää vuotta		
** sisältää kaikki lehtipuut		

Metsien hiilitase nykyisin (2018)

Puustolla on luontainen kyky sitoa ja varastoida hiiltä ilmakehästä biomassansa yhteyttämisen kautta ⁴⁴. Kun metsien ja puutuotteiden hiilivarastot kasvavat, voidaan niiden ajatella olevan hiilen-nieluja ⁴⁵. Kun metsäekosysteemin hiilen sitoutuminen ja vapautuminen ovat tasapainossa, hiilen nettosidontaa tai nettopäästöjä ei tapahdu, jolloin tase on nolla.

Metsien hiilitaseeseen vaikuttaa metsäekosysteemin kasvillisuuden biomassan lisääntyminen, joka lisää hiilen sidontaa. Biomassan korjuu, orgaanisen aineksen hajoaminen sekä kasvien ja eliöiden hengitys pienentävät hiilivarastoa. Nykyisen metsänkäytön vallitessa metsiemme hiilitaseen voidaan katsoa olevan selvästi positiivinen, eli metsät sitovat kasvavaan puustoon ilmakehästä hiilidioksidia

⁴³ viitattu 26.11.2020 https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/10/Tiedote-vmi-2018-liite_1.pdf

⁴⁴ Seppälä, J., Heinonen, T., Pukkala, T., Kilpeläinen, A., Mattila, T., Myllyviita, T., Asikainen, A., Peltola, H. 2019. Effect of increased wood harvesting and utilization on required greenhouse gas displacement factors of wood-based products and fuels. Journal of Environmental Management 247: 580–587.

⁴⁵ Hildén, M., Soimakallio, S., Seppälä, J. & Liski, J. 2016. Metsien hiilinielut otettava mukaan biotalouden kestävyystarkasteluihin. SYKE Policy Brief. 978-952-11-4582-7. <http://hdl.handle.net/10138/164752>

enemmän kuin sitä vapautuu takaisin ilmakehään hajotuksen ja metsien erilaisten käyttötapojen seurauksena. Metsien hiilen sidonta kattaa keskimäärin noin 40 % Suomen nykyisistä vuotuisista kasvi-huonekaasupäästöistä. Vuonna 2018 Suomen metsien nettohiilinielu oli -17,5 milj.t CO₂ ekv ilman puutuotteita⁴⁶. Kaikkiaan metsien hiilen varastot jakaantuvat valtakunnallisella tasolla seuraavasti:

Puustoon (puuainekseen) sitoutuneen hiilen varasto on n. 3,196 mrd. CO₂ ekv tonnia (842 milj. tonnia hiiltä) ja sen vuotuinen nettolisäys on 15,4 milj.t CO₂ ekv vuonna 2018⁴⁷. Eli, puuston kasvu on Suomessa suurempi kuin sen poistuma (poistuma sisältää esim. hakkuut ja luonnonpoistuman)⁴⁸.

Ilmastonmuutos todennäköisesti tulee lisäämään metsiemme hiilinielua, koska kiihtyvän kasvun ja samalla lisääntyneen kariketuotannon myötä hiiltä kertyy enemmän sekä puustoon, että maaperään kuin karikkeen hajotuksessa poistuu⁴⁹.

1.3 Metsänhoidon suositukset ohjaavana keinona

1.3.1. Metsänhoidon suositusten rooli osana kokonaisuutta

Metsänhoidon suositukset tarjoavat metsänomistajille perusteltuja vaihtoehtoja metsien hyödyntämiseen. Ne auttavat häntä pääsemään oman tavoitteensa mukaiseen lopputulokseen; hyvinvointia tuottavaan metsään. Suositukset ovat myös metsänomistajia palvelevien ammattilaisten työkalu. Niitä hyödynnetään muun muassa käytännön työohjeina, metsänomistajille tarjottavissa palveluissa, metsätalouden skenaariolaskelmissa sekä metsäalan opetuksessa.

Ensimmäiset metsänhoidon suositukset laadittiin vuonna 1989. Tämän jälkeen suosituksia on päivitetty säännöllisesti tutkimustiedon ja toimintaympäristön kehittyessä.

Yhdessä laaditut suositukset tutkimustietoon ja kokemukseen perustuen

Metsänhoidon suositukset valmistellaan laajassa yhteistyössä metsä-, ympäristö- ja ilmastoalan tutkijoiden, asiantuntijoiden ja tiedon käyttäjien kanssa. Työtä tehdään avoimessa vuoropuhelussa ja parhaaseen tutkimustietoon sekä käytännön kokemukseen pohjautuen.

Suosituksen johtoryhmä on metsänhoidon strateginen suunnannäyttävä ja se päättää periaatteista ja linjauksista, joiden pohjalta metsänhoidon suosituksia laaditaan ja ylläpidetään. Ohjausryhmän roolina on suositusten laadinnan ohjaaminen, kommentointi ja hyväksyntä. Maa- ja metsätalousministeriö asettaa tilaajana raamit suositusten laadinnalle. Metsänhoidon suositusten valmistelua ja ylläpitoa koordinoi Tapio.

Olenainen rooli suositusten laatimisessa on asiantuntijaryhmillä ja niihin osallistuvilla erityisasiantuntijoilla, joiden ansiosta työssä voidaan hyödyntää uusinta tutkimustietoa ja tuoreimpia käytännön kokemuksia. Projekti- ja asiantuntijaryhmät laativat suosituksia kulloinkin käsiteltävästä aihepiiristä ja

⁴⁶ Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito : Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

⁴⁷ Tilastokeskus, 2020. Statistics Finland: Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2018, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol, Helsinki, 2020.

⁴⁸ Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastonmuutos ja metsänhoito : Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.

⁴⁹ Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisu.

kokoavat ja tarvittaessa tuottavat suosituksissa tarvittavan tutkimustiedon. Näihin liitetään käytännön kokemukset mm. eri työmenetelmistä.

Metsänomistajalle vapautta ja vastuuta

Nykyinen metsälainsäädäntö antaa mahdollisuuden toteuttaa metsänhoitoa ja käyttöä monipuolisesti eri tavoitteita toteuttaen. Vaihtoehtojen lisääntyminen on kuitenkin tehnyt päätöksenteosta aiempaa vaativampaa. Päätöksenteon helpottamiseksi metsänhoidon suosituksissa kuvataan eri toimien talous-, maisema- ja monimuotoisuusvaikutuksia. Lakimuutoksen myötä metsänhoidon suositusten rooli informaatio-ohjauksen välineenä on entisestään korostunut.

1.3.2. Ilmastonmuutoksen käsittely nykyisissä metsänhoidon suosituksissa

Vuonna 2019 päivitettyjen suositusten laadinnassa tuotiin suosituksiin uutena osiona toimet ilmastonmuutokseen sopeutumiseen. Suositukset käsittelevät sopeutumisen keinoja metsien hoidon ja käytön näkökulmista. Ne sisältävät käytännöllisinä neuvoja riskienhallintaan sekä metsänuudistamisen ja puunkorjuun toteutukseen. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen päivitys on hyväksytty 11.12.2018.

Suosituksissa todetaan, että metsien kykyä vastustaa kasvavia tuhoriskejä lisätään huolehtimalla metsien monipuolisesta puu- ja eläinlajistosta sekä puuston terveydestä⁵⁰. Metsänomistajalle paras keino varautua omassa metsätaloudessa ilmastonmuutoksen vaikutuksiin on tällöin suunnitelmallinen ja aktiivinen metsänhoito. Näin vähennetään ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia ja samalla varaudutaan muutokseen eri aikajänteillä.

Nykyisissä suosituksissa on tuotu esille, että puiden kasvusta huolehtimalla voidaan lisätä myös metsien hiilensidontakykyä. Ilmastonmuutoksen hillintää ja siihen liittyvää metsien hiilitasetta ei kuitenkaan ole käsitelty nykyisissä suosituksissa tämän kattavammin. Metsänomistajan päätöksentekoon suositukset eivät ole tämän vuoksi tarjonneet ilmastonmuutoksen hillinnän ja hiilitasekysymysten näkökulmaa⁵¹.

1.3.3. Ilmastokestävyys osana metsänomistajan päätöksentekoa

Ilmastokestävyudessa kaksi näkökulmaa

Ilmastokestävässä metsänhoidossa tulisi huomioida yhtä aikaa sekä hillintää, että sopeutumista ja pyrkiä lisäämään niiden vuorovaikutusta ja siitä syntyviä hyötyjä näiden välillä. Sopeutumisen merkitys hillinnän rinnalla korostuu sitä enemmän, mitä hitaammin ilmastonmuutoksen hillinnässä edetään. Ilmastonmuutoksen hillintää ja sopeutumista käsitellään nykyään entistä enemmän yhdessä eikä erillisinä kokonaisuuksina. Metsänhoidollisten hillintä- ja sopeutumistoimien yhteensopivuus on otettava huomioon myös metsänhoidon suosituksia laadittaessa.

Sopeutuminen ja hillintä yleisellä tasolla

Hillintä ja sopeutumistoimet voivat olla keskenään ristiriidassa. Ne vaativat erilaisia lähestymistapoja ja eri tahojen ottamista mukaan päätöksentekoon. Hillintään ja sopeutumiseen liittyvät lähtökohdat

⁵⁰ Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.

⁵¹ Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.

ovat myös erilaisia. Esimerkiksi hillintä nähdään usein vaikutuksiltaan laajempänä ja kansainvälisenä. Sopeutuminen nähdään enemmän paikallisena tavoitteena⁵².

Onnistuakseen globaalit hillintätoimet vaativat muun muassa yleisten kulutus- ja käyttäytymistottumuksien muutosta. Hillintätoimien vaikutus maapallon keskilämpötilaan näkyy vasta vuosikymmenten kuluttua. Koska maapallon ilmasto joka tapauksessa lämpenee vielä kauan, tarvitaan sopeutumis-toimia, joilla metsänomistaja voi varautua muuttuviin olosuhteisiin niiltä osin kuin se on mahdollista⁵³.

Sopeutumisen avulla pyritään ehkäisemään tai lieventämään muutoksesta aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia, mutta myös hyötymään myönteisistä seurauksista. Sopeutumistoimien tarpeellisuuden arvioimista vaikeuttaa se, että ilmastomuutoksen yksittäiset vaikutukset voivat olla positiivisia, mutta eri tekijöiden yhteisvaikutukset negatiivisia. Ilmastomuutoksen vaikutuksia tulisi aina arvioida kokonaisvaltaisesti⁵⁴.

⁵² viitattu 26.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/9b35241c-70d6-4007-8bd2-adc889298b8b/ilmastonmuutokseen-sopeutuminen-ja-muutoksen-hillinta-taydentavat-toisiaan.html>.

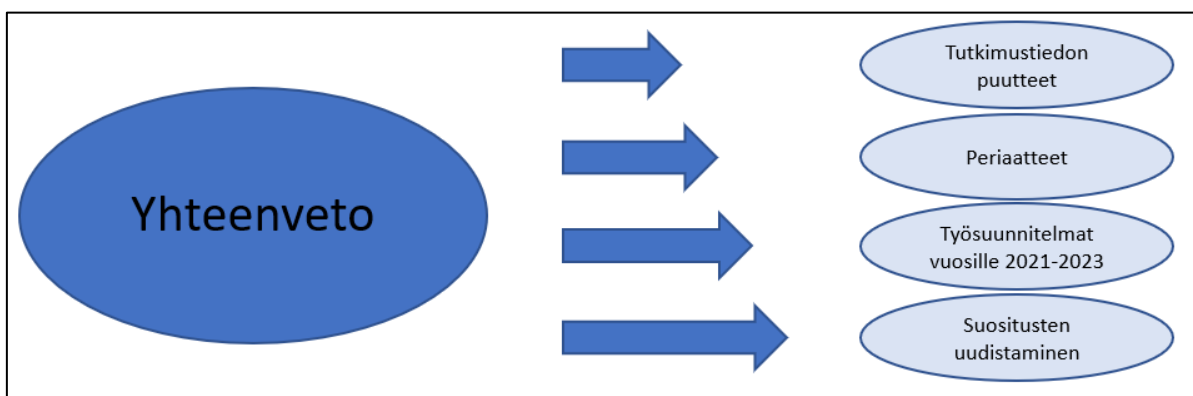
⁵³ viitattu 26.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/9b35241c-70d6-4007-8bd2-adc889298b8b/ilmastonmuutokseen-sopeutuminen-ja-muutoksen-hillinta-taydentavat-toisiaan.html>

⁵⁴ viitattu 26.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/927e1a93-83f9-4888-bd89-ab6f0c841d19/ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-haasteet-ja-mahdollisuudet.html>

2 Tilannekuvan koonti

Taustaraportin tavoitteena oli koota laajasti tietoa ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen näkökulmista metsien hoidossa. Yhteenvedon tavoitteena oli selvittää, mitä ilmastokestävästä metsätaloudesta tiedetään ja mistä tiedosta on puutetta. Yhteenvedon koonnissa kiinnitettiin erityistä huomiota olemassa olevaan tieteelliseen tietoon ja sen määrään.

Tilannekuvan yhteenvedon avulla tarkennettiin metsänhoidon suositusten uudistustarvetta ilmastokestävyyden osalta (kuva 7). Työssä määritettiin teemaan liittyviä avainkysymyksiä ja niiden vastauksia. Tuloksia on hyödynnetty metsänhoidon suositusten laadinnan periaatteiden uudistamisessa syksyllä 2020. Yhteenvetoa hyödynnetään myös suositusten vuosien 2021–2023 työsuunnitelmien laadinnassa ja tarkentamisessa. Lisäksi esille nousevien tutkimustiedon puutteiden avulla pyritään auttamaan tutkimuksen kohdentamista osa-alueille, joita ilmenee ilmastokestävään metsänkäyttöön liittyen.



Kuva 7. Taustaraportin ja sen yhteenvedon hyödyntämisen kohteet.

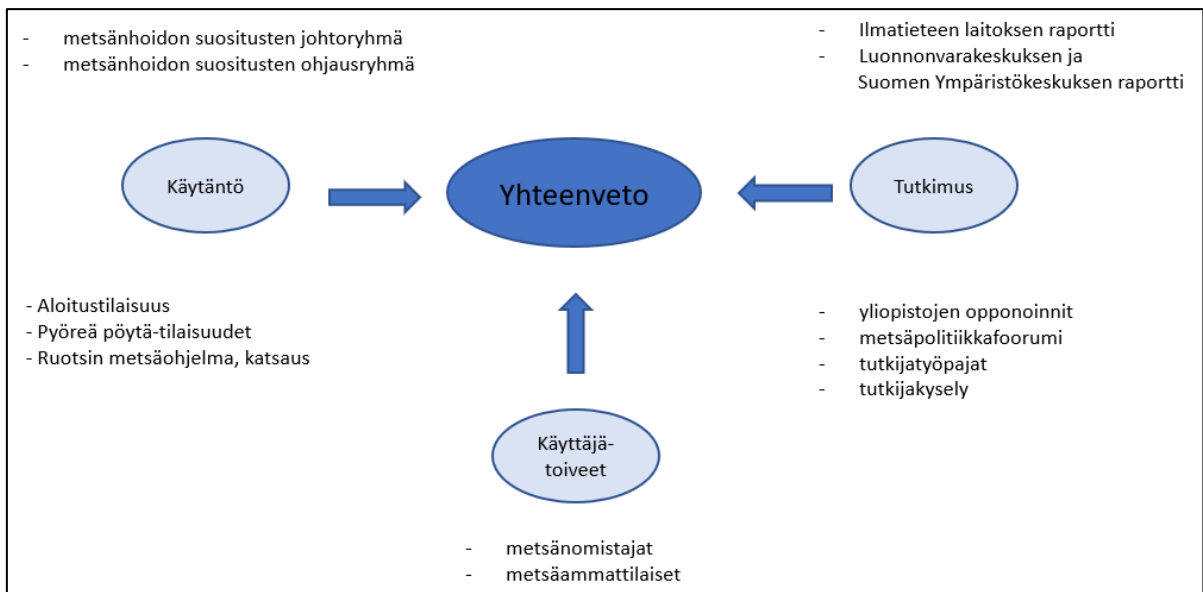
2.1 Aineiston koonnin menettelyt

Yhteenvedon aineisto koottiin kolmesta erilaisesta näkökulmasta: käytännön metsätalouden, tieteellisen tutkimuksen sekä suositusten käyttäjien toiveiden kautta (kuva 8).

Suositusyössä käytännön metsätalouden näkemyksiä kerätään erityisesti metsänhoidon suositusten ohjaus- ja johtoryhmän kautta. Nämä sidosryhmät kattavat metsätoimialan laajasti ja näin ollen mahdollistaa näkemysten monipuolisen huomioimisen. Sidosryhmäkeskustelut tuovat keskusteluun myös metsäalan poliittiset näkemykset.

Tieteellisen tutkimuksen näkemyksiä on kerätty ennen kaikkea tutkimuslaitosten (Ilmatieteen laitos, Luke ja Syke yhteisraportti) Tapion toimeksiantoina laatimissa raporteissa. Näiden lisäksi näkemyksiä on saatu yliopistojen laatimista opponoinneista koskien tutkimuslaitosten raportteja, Tapion järjestämistä tutkijatyöpajoista sekä Metsäpolitiikkafoorumin loppuraportista⁵⁵.

⁵⁵ Schneider, H. ja Päivinen, R. 2020, Suometsien kokonaisanalyysi, loppuraportti. Tapion raporteja nro 38.



Kuva 8. Tutkimusyhteenvedon näkökulmat ja keskeisimmät tiedonlähteet.

Tausta-aineiston kerääminen aloitettiin vuonna 2019 metsänhoidon suositusten työpajoilla. Tiedonkeräämistä jatkettiin vuoden 2020 puolella useammalla tiedonkeruumenetelmällä. Vuonna 2020 kerättyyn tausta-aineistoon sisältyy Ilmasto ja metsänhoidon suositukset -aloitustilaisuus, Ilmatieteen laitoksen tekemä Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta - raportti, Luonnonvarakeskuksen ja Suomen Ympäristökeskuksen Ilmastonmuutos ja metsänhoito- yhteisraportti, ilmastonmuutoksen sopeutumisen ja hillinnän tutkijatyöpajat, tutkijakysely, alueelliset pyöreän pöydän keskustelutilaisuudet, katsaus Ruotsin kansalliseen metsäohjelmaan ja metsämaan hiiliselvitys.

Yhteenvedossa on hyödynnetty myös useita muita työn kannalta oleellisia tieteellisiä julkaisuja, raportteja, nettisivuja ja kirjoituksia, joiden viitteet löytyvät tämän raportin lähdeluettelosta.

Kootusta aineistosta laaditussa yhteenvedossa on käytetty kaikkia edellä mainittuja tiedonlähteitä. Tärkeimpinä lähteinä toimivat tutkimuslaitosten (Ilmatieteen laitos, Luonnonvarakeskus, Suomen Ympäristökeskus) laatimat asiantuntijaraportit ja yliopistojen (Helsingin Yliopisto, Itä-Suomen Yliopisto, Jyväskylän Yliopisto) laatimat asiantuntijalausunnat, jotka luovat tieteellisen pohjan ilmastonmuutoksen käsittelemiseen ja sen vaikutuksille suomalaiseseen metsätalouteen ja metsänhoitoon.

Näiden selvitysten lisäksi tämän taustaraportin erityisen tärkeänä tiedonlähteenä on käytetty tutkijatyöpajoista kerättyä kirjallista ja suullista tietoa, Metsänomistaja 2020-tutkimusta sekä suometsien käytön osalta Metsäpolitiikkafoorumin loppuraporttia. Tutkijakyselyn avulla saatiin vahvistusta edellä mainittujen lähteiden perusteella havaittuja johtopäätöksiä. Lisäksi tutkijakyselyn avulla listattiin termejä, jotka vaativat tarkennusta tai määrittelyä suositustyön yhteydessä.

Yhteenvedon kokosi Tapion projektiryhmä. Työ tehtiin pääosin toukokuun ja marraskuun 2020 välisenä aikana.

2.2 Aineiston koonti ja tuloksia

2.2.1. Ilmasto ja metsänhoidon suositukset -aloitustilaisuus

Ilmasto ja metsänhoidon suositukset -aloitustilaisuus pidettiin 12.2.2020. Tilaisuuden tavoitteena oli koota laajasti erilaisia näkemyksiä ilmastokestävään metsätalouteen ja metsänhoitoon liittyen. Käsiteltävinä kysymyksinä oli esimerkiksi, mitä periaatteellisia näkökohtia ilmastokestävään metsätalouteen liittyy ja mitä ne tarkoittavat käytännön metsänhoidon vaihtoehtojen näkökulmasta. Tilaisuus antoi suuntauksen suositusten jatkotyölle, jossa kootaan taustatietoa ilmastokestävästä metsätaloudesta. Tarkempi kuvaus tilaisuudesta on liitteessä 1.

Tilaisuudessa kuultiin viisi asiantuntijaesitelmää, joiden aiheina olivat ilmastonmuutos ja metsät (Markku Kanninen, Helsingin yliopisto), Ilmastokestävä metsätalous ja maankäytön poliittiset tavoitteet (Marja Kokkonen, maa- ja metsätalousministeriö), ilmastokestävyys osana kokonaiskestävyyttä (Antti Asikainen, Luonnonvarakeskus), Ilmastoviisas metsätalous luontonäkökulmasta (Harri Hölttä, Suomen luonnonsuojeluliitto) ja puutuotteiden substituoitio (Ali Harlin, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy). Alustusesitelmien lisäksi tilaisuuteen kuului paneelikeskustelu, johon osallistuivat Mikko Tiirola (MTK), Liisa Rohweder, (WWF), Matti Mäkelä, (Metsäteollisuus ry), Marja Kokkonen, (maa- ja metsätalousministeriö) sekä Olli Äijälä (Tapio).

Tilaisuudessa käydyn keskustelun perusteella ilmastonmuutoksen hillinnässä globaalilla tasolla merkittävin tavoite on päästöjen vähentäminen fossiilisista polttoaineista luopumalla tai korvaaminen ne uusiutuvilla luonnonvaroilla. Suomessa isoja, arvovalintoja edellyttäviä poliittisia kysymyksiä ovat metsien hakkuutasot, metsien lisäkasvuun tähtäävät metsänhoitotoimet, metsien terveydentila muuttuvassa ilmastossa ja monimuotoisuuden turvaaminen. Suomalaisen metsätalouden tavoitella on, että ilmastokestävyys nähdään jatkossa osana kokonaiskestävyyttä. Tähän sisältyy sekä ilmastonmuutoksen hillinnän, että siihen sopeutumisen toimet.

Ilmastokestävälle metsänhoidolle on tunnistettavissa ainakin kaksi erilaista päästrategiaa, jotka nostavat metsäkeskusteluun monenlaisia näkemyksiä ja mielipiteitä. Nämä päästrategiat ovat:

1. Metsien hiilivaraston tietoinen kasvattaminen lyhyellä aikavälillä hakkuita hillitsemällä
2. Aktiivinen puuntuotanto, hiilensidonnan (puuston kasvu) vahvistaminen ja fossiilisten korvaaminen puuraaka-aineella (substituutio)

❖ Tilaisuudessa erityisesti esille nousseet teemat:

- Metsien ja maaperän tilan heikkeneminen
- Monimuotoisuuden ylläpito ja lisääminen
- Metsäkadon pysäyttäminen
- Suometsien ilmastokestävä käyttö
- Maaperän hiilinielujen vahvistaminen
- Metsien terveyden vaaliminen.

2.2.2. Metsänhoidon suositukset ja ilmastokestävä metsätalous-tutkijatyöpajat

Tapion koordinoimat Metsänhoidon suositukset ja ilmastokestävä metsätalous-tutkijatyöpajat järjestettiin kerran vuonna 2019 ja kaksi kertaa vuonna 2020. Yleisteemana vuonna 2019 oli ilmastokestävä metsänhoito. Vuonna 2020 ensimmäisen työpajan teemana oli ilmastonmuutos ja siihen sopeutuminen ja toisen työpajan teemana ilmastonmuutoksen hillintä. Tutkijatyöpajojen tarkempi kooste on esitetty liitteessä 2.

Ilmastoviisas metsätalous -työpaja

Ilmastokestävään metsänhoitoon keskittyvä tutkijatyöpaja järjestettiin 12.6.2019. Tilaisuuteen osallistui noin 40 henkilöä useasta organisaatiosta edustaen laajaa metsä- ja ympäristöalan osaamista.

Tilaisuuden tavoitteena on saada aikaan laajakatseista ajattelua ja vahvistaa ilmastonmuutoksen vastaista työtä. Avausesitelmän lisäksi tilaisuudessa kuultiin seitsemän alustusesitelmää, joiden aiheet linkittyivät ilmastonmuutokseen. Aiheita olivat Metsästrategia 2025 ja maankäyttö (Tatu Torniainen, maa- ja metsätalousministeriö), maaperän hiili (Mikko Peltoniemi, Luonnonvarakeskus), suometsien käyttö ja hiilensidonta (Timo Penttilä, Luonnonvarakeskus), metsien terveys ja elinvoimaisuus (Jarkko Hantula, Luonnonvarakeskus), ilmastoviisas metsätalous (Antti Otsamo, Metsähallitus), hiilensidontan skenaariot (Sixten Sunabacka, Tornator Oyj) ja ilmastokestävyys metsänhoidon suosituksissa (Kalle Vanhatalo, Tapio Oy).

❖ Työpajan 12.6.-19 pääviestit:

- Metsätalouden toiminnan tulee olla kokonaiskestävää.
- Hiilitasetarkastelu toimenpidetasolla ja oikeassa aikajänteessä tulee ottaa selkeämmin mukaan keskusteluun.
- Uudistamisvelvoitteen täyttymisessä on tulokinnanvaraa, tähän tulee kiinnittää huomiota.
- Keskeistä on varmistaa kasvupaikalla sopiva puulaji.
- Metsäalalla tulee hyödyntää jalostetun siemen/taimimateriaalia.
- Metsänhoidon ei tule olla kaavamaisista.
- Turvemaiden metsänhoitoon ja vesitalouden hallintaan tulee kiinnittää huomiota.

Metsänhoidon suositukset ja ilmastokestävä metsätalous - tutkijatyöpaja

Sopeutumiseen keskittyvä tutkijatyöpaja järjestettiin etäkokouksena 23.4.2020. Tilaisuuteen osallistui noin 30 henkilöä useasta organisaatiosta edustaen laajaa metsä- ja ympäristöalan osaamista. Tilaisuudessa kuultiin viisi alustusesitelmää, joiden aiheina olivat ilmastonmuutos Suomessa (Ari Venäläinen, Ilmatieteen laitos), metsänhoidon sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja taloudellinen kannattavuus (Heli Peltola, Itä-Suomen yliopisto), puulajien selviytyminen muuttuvassa ilmastossa (Tapani Repo, Luonnonvarakeskus), maaperä ja vesitalous muuttuvassa ilmastossa (Tiina Törmänen, Tapio Oy) ja talousmetsien luonnonhoito muuttuvassa ilmastossa (Lauri Saaristo, Tapio Oy).

❖ Tutkijatyöpajan 23.4 pääviestit:

- Sopeutumisessa tulee ottaa huomioon tuhojen mahdollinen ketjuttuminen.
- Kuusettuminen on ongelma, kuivuusriskiin voi auttaa kuusikoiden harvempi kasvattaminen tai kiertoaikojen lyhentäminen.
- Lehtipuustoisuutta lisättäessä tulee huomioida niiden nopeampi kasvu ja antaa havupuille tarvittava etumatka kasvuun.

- Monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden säilyttämiseen ja jatkuvuuden turvaamiseen (säästöpuu-lahopuu) kiinnitettävä enemmän huomioita.
- Kuivuudelle herkkien kasvupaikkojen ja muiden riskikohteiden tunnistaminen on avainasemassa ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.
- Onko metsäsuunnittelun rooli selkeä ja miten suunnittelua voidaan parantaa?

Ilmastonmuutoksen hillintä metsätalouden keinoin - työpaja

Ilmastonmuutoksen hillintään keskittyvä työpaja järjestettiin etäkokouksena 15.5.2020. Tilaisuuteen osallistui noin 50 henkilöä useasta organisaatiosta edustaen laajaa metsä- ja ympäristöalan osaamista. Tilaisuudessa kuultiin neljä alustusesitelmää, joiden aiheina olivat suometsien ilmastokestävää käyttöä (Päivi Mäkiranta, Luke), maaperähiili ja siihen vaikuttavat tekijät kivennäismailla (Hannu Ilvesniemi, Luke), metsien kasvun mallintaminen (Annika Kangas, Luke) ja puuntuotanto hiilensidonnan keinona (Jari Hynynen, Luke).

❖ Tutkijatyöpajan 15.5. pääviestit:

- Käytännön metsätalous tarvitsee monipuolisia, joustavia ja kohdekohtaisia metsänhoidon vaihtoehtoja.
- Lannoituksella ja maanmuokkauksella voidaan vahvistaa metsän kasvua ja hiilensidontaa.
- Turvemailla tulee välttää pitkiä vähäpuustoisia jaksoja sekä liian voimakasta kuivatusta.
- Kun kasvupaikka ja puuston rakenne sallii, niin silloin turvemailla voidaan suositella jatkuvaa kasvatusta.
- Pitkän tähtäimen taloudellisella ja ilmastollisella tarkastelulla metsiä kannattaa hoitaa.
- Lyhyellä tähtäimellä tehokkain keino hiilensidonnan ja -varastoinnin lisäämiseksi on hakkuista kieltäytyminen.

2.2.3. Tutkijakysely

Tutkijasidosryhmäkyselyn päätavoite oli kerätä tutkijoiden näkemyksiä ilmastonmuutoksen sopeutukseen ja hillintään metsätalouden kannalta, saada tietoa meneillään olevasta tutkimuksesta metsiän ja ilmastonmuutokseen liittyen, sekä kartoittaa teemaan liittyvää tutkimustiedon puutetta.

Jotta kyselyyn saatiin näkemyksiä mahdollisimman laajalta ja taustoiltaan monimuotoiselta tutkijajoukolta, kysely lähetettiin noin 120 luonnonvara-alan tutkijalle 11 tutkimusorganisaatiosta. Osallistujia kyselyyn kartoitettiin tutkimuslaitosten ja yliopistojen internet-sivujen kautta sekä Tapion järjestämien tutkijatyöpajojen osallistujien keskuudesta. Kysely toteutettiin sähköisenä verkkokyselynä ja siihen vastattiin anonymisti niin, että yksittäisen vastaajan vastauksia ei ollut mahdollista poimia erilleen. Kyselyn toteutti Tapio kesällä 2020. Vastaukset saatiin 74 henkilöltä. Valtaosa vastaajista, 73 prosenttia, oli metsäalalta. Selvästi pienemmät osuudet vastaajista olivat ekologian/biologian alalta (16,1 %), ympäristötieteistä (3,6 %), geotieteistä/ilmastotutkimuksesta (3,6 %) ja muilta aloilta (3,6 %).

Tulosten perusteella nähdään, että usean ilmastokestävyyteen liittyvän osa-alueen ympärillä mielipiteet jakautuvat vastaajien kesken. Samaa mieltä ollaan siitä, että kokonaiskestävään metsätalouteen pääseminen edellyttää kompromisseja kestävyiden eri osa-alueiden kanssa. Suomalaista metsätaloutta ei kuitenkaan nähdä tällä hetkellä yksimielisesti kokonaiskestävänä. Noin kolmasosa

vastaajista on tästä täysin eri mieltä, kun täysin samaa mieltä olevia vastaajia on kymmenesosa. Mielipiteet ilmastokestävästä metsätaloudesta jakautuvat tasaisemmin painottuen osittain samaa mieltä/eri mieltä-vastauksiin, molempien ollen noin 30 prosenttia. Aktiivinen metsänhoito, kuten suositusten mukainen taimikonhoito ja nuorten metsien ensiharvennus, nähdään hyvänä keinona ilmastomuutokseen sopeutumisessa ja hillinnässä.

Tulokset heijastavat näkemystä, että metsiä voidaan käyttää enintään niiden kasvun verran. Puuston tilavuutta lisättäessä hieman suurempi paino annetaan pidemmälle (80 vuotta) kuin lyhyemmälle (20 vuotta) ajanjaksolle, jolla lisäys tulisi tehdä. Metsien roolia erityisesti uusiutuvan materiaalin raaka-aineena ei nähdä yksimielisenä. Myöskään metsien tiheämpi kasvatusta, energiapuun korjuun tehostaminen, jatkuvan kasvatuksen ja lannoituksen lisääminen kivennäismailla ja ulkolaisten puulajien käyttö ei saanut selkeää suositusta.

Mielipiteet jalostetun siemenmateriaalin käytöstä metsänuudistamisessa, kivennäismaiden lannoittamisen sekä suometsien lannoittamisen lisäämisestä ja ojien kunnostamisesta lannoituksella/jatkuvalla kasvatuksella jakaantuvat vastaajien kesken, mutta painottuvat kuitenkin hieman enemmän suositeltaviin toimenpiteisiin.

Selkeä enemmistö taas suosittelee maa- ja pystylahopuiden säästämistä hakkuiden yhteydessä ja hidasliukoisten metsälannoitteiden käyttöä. Lisäksi potentiaalisten kohteiden metsitys, nykyisten kiertokaikojen pidennys ja jatkuvan kasvatuksen lisäys suometsissä saa hieman enemmän kannatusta. Laajan maakunnallisen metsätuhon mahdollisuus seuraavan 50 vuoden aikana nähtiin todennäköisenä (suurin osa vastauksista näkee tässä 21–40 % mahdollisuuden). Karummilla kasvupaikoilla pääpuulajin osuus nähdään suurempana (74–82 %) kuin rehevämmillä kasvupaikoilla (56–64 %).

Suosituksia laadittaessa täytyisi kyselyn mukaan pitää mukana monimuotoisuuteen liittyvät epäkohdat (mm. säästö- ja lahoppuun määrä), sekametsäisyyden ja puulajivalintojen tarkastelu sekä maapohjan tahallinen ja tahaton rikkominen eri metsänhoitotoimenpiteiden yhteydessä. Metsien hiilivaraston kasvattaminen mm. soiden ja metsien suojelun avulla tulisi ottaa mukaan, samoin metsäpinta-alan väheneminen maankäytön muutosten vuoksi ja kokonaiskestävä metsäsuunnittelu. Metsäalan termistö vaatii tarkennusta ja ongelmakohtia nähdään erityisesti hiilenkiertoon liittyvien termien kohdalla.

❖ **Tutkijakyselyn pääviestit:**

- Suomen metsätaloutta ei nähdä yksimielisesti kokonaiskestävänä tai useita yksittäisiä, yleisesti käytössä olevia toimia ilmastokestävinä.
- Nuoren metsän metsänhoidon toimenpiteet nähdään ilmastokestävinä valintoina.
- Monimuotoisuus tulee huomioida voimakkaammin metsien käytössä.
- Metsäalan termistöä tulee tarkentaa erityisesti hiilenkiertoon liittyvän liittyvien termien kohdalla.

2.2.4. Alueelliset metsänhoidon suositusten pyöreä pöytä -tilaisuudet

Kevään 2020 aikana järjestettiin viisi alueellista Metsänhoidon suositusten pyöreä pöytä-verkkotilaisuutta Tapion koordinoimana. Tilaisuudet järjestettiin Varsinais-Suomessa, Pohjanmaalla, Lapissa, Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa. Tapahtumiin osallistui yli 50 henkilöä edustaen lähes 30 eri

organisaatiota, joiden yhteinen osaaminen kattoi metsä-, luonto- ja ilmastotieteet, metsien monipuolisen käytön toimintatavat ja luonnonsuojelun. Tilaisuuden tulosityhteenveto on esitetty liitteessä 3.

Tapahtumassa vastattiin kymmeneen ennalta annettuun kysymykseen ja tämän perusteella kerättiin yli 500 vastausta liittyen ilmastomuutoksen sopeutumiseen ja hillintään. Näin saatiin maakunnallista tietoa alueen olosuhteista ja käytännön tarpeista suositusten uudistamiseksi.

Tilaisuuksien perusteella metsänhoidon suositusten tulee olla selkeitä ja perustua tutkimustietoon.

❖ **Suosituksen päivittämisen yhteydessä tulee vastaajien mukaan tarkentaa:**

- Jatkuvan kasvatuksen toteutusta erityisesti suometsissä
- Metsätuhoihin varautumista ja erityisesti puulajivalintaa metsänuudistamisessa
- Tuhon kohteeksi joutuneen alueen käsittelytoimenpiteitä
- Metsän roolia hiilinieluna ja varastona
- Suometsien hoitoa ja sekametsien kasvattamista.

Metsien aktiivista, oikea-aikaista ja monipuolista hoitoa arvotetaan yleisesti. Kokonaiskestävyyttä tarkasteltaessa korostuu metsien säilyttäminen hyvässä kasvukunnossa. Puuntuotannon ohella huomiota tulee kiinnittää metsien monikäyttöön, ekologisen kestävyyden turvaamiseen ja ilmastovaikutuksiin. Ilmastokestävyyden määrittelemisen sisältää enemmän eroavaisuuksia, mutta siinä korostuvat erityisesti kasvun turvaaminen, fossiilisten korvaaminen puulla sekä metsien tuhonkestävyydestä huolehtiminen.

Huoli metsätuhojen yleistymisestä on suuri kautta maan. Ilmastomuutoksesta aiheuttamana suurimpana uhkana nähdään hyönteis- ja myrskytuhot sekä puunkorjuun vaikeutuminen. Ilmaston muuttuessa erityisesti kuivuus, tulvat, lumituhot ja myrskyt koetaan uhkana. Huolta aiheuttaa mm. juurikäävän leviäminen yhä pohjoisemmaksi ja kirjanpainajan aiheuttamien tuhojen lisääntyminen. Puunkorjuu ja kuljetukset odotetaan vaikeutuvan roudan puuttuessa. Myös metsäluonnon odotetaan muuttuvan, kun eteläinen lajisto siirtyy kykynsä mukaan kohti pohjoista. Sekametsien lisääminen nähdään hyvänä lisänä ilmastomuutokseen sopeutumisessa ja riskienhallintakeinona, joka vahvistaa samalla luonnon monimuotoisuutta.

Yleisesti ilmastomuutoksen nähdään hyödyttävän metsien kokonaiskasvua, kun metsien kasvun odotetaan kiihtyvän ilmaston muuttuessa. Hiilenkierto-teema synnytti tilaisuuksissa keskustelua ja niissä todettiin yhteisesti, että maaperästä ja sen hiilitaseen hoidosta on saatavilla liian vähän tutkittua tietoa. Samoin suometsien hoitoon ja vesiensuojeluun odotetaan tarkennuksia.

Metsänhoidon suosituksiin katsottiin tarpeelliseksi lisätä alueellisia ohjeistuksia. Uutena avauksena esitettiin toive, että suosituksia annettaisiin myös tilanteisiin, kun tuho on jo tapahtunut. Suositukset esittelevät tällä hetkellä optimaalisia metsänhoidon ketjuja, eikä niissä neuvota, kuinka tuhojen tai virheratkaisujen seurauksia korjataan. Maakunnista saatu viesti on, että hyvä metsänhoito on nyt enitenkin tärkeämpää, jotta metsät kestävät tulevia tuhoriskejä.

❖ **Pyöreän pöydän keskustelutilaisuuksien pääviestit:**

- Suosituksiin kaivataan puolueettomat ja selkeät metsänhoidon valinnat.
- Suometsien ilmastokestävä käsittely nousi yhdeksi pääteemaksi.
- Jatkuvasta kasvatuksesta ja maaperän käsittelystä ja sen vaikutuksista hiilitaseeseen tarvitaan lisää tietoa.

- Metsätuhoihin varautuminen metsänhoidollisin keinoin, miten se tehdään?
- Aktiivinen ja monipuolinen metsien käyttö nähdään avaintekijöinä parantamaan metsien tilaa ja kestävyyttä.

2.2.5. Katsaus Ruotsin metsäohjelmaan

Katsaus Ruotsin Kansalliseen metsäohjelmaan (Strategi för Sveriges nationella skogsprogram) (lähde) tehtiin Tapion puolesta (Liite 4). Tässä katsauksessa keskitytään metsäohjelman selkeästi metsätaloudellisiin tavoitteisiin. Niiden tarkoitus on joko sopeuttaa metsän käsittely muuttuvaan ilmastoon tai hillitä ilmastonmuutosta. Raportissa käydään läpi metsäohjelman laadinnan ja toimeenpanon pääpiirteet, ohjelman tavoitteet ja sisältö sekä ilmastokestävyyden huomioonottaminen metsäohjelmassa. Yhteenvedo-osuudessa arvioidaan metsäohjelman tavoitteiden toteutumista ja sen vaikutuksia käytäntöön.

Ruotsin hallitus hyväksyi metsäohjelman toukokuussa 2018. Katsauksen perusteella ohjelman ilmastotoimenpiteet on määritelty jokseenkin selkeästi, vaikka selkeä jako ilmastonmuutoksen sopeutukseen ja hillintään puuttuu. Metsäohjelmassa korostetaan toimenpiteiden sovittamista kestäväan käyttöön ja näiden toimenpiteiden tulee olla Ruotsin metsäpolitiikan viitekehyksen mukaisia. Ympäristö- ja puuntuotantotavoitteet ovat esillä samanarvoisina tekijöinä. Näiden lisäksi peruseriaatteisiin on listattu omistusoikeuden periaatteet ja vapauden tuoma vastuu.

Ruotsin metsäohjelman fokusalueita ovat:

- Lisääntyvää ilmastohyötyä sisältävä kestävä metsätalous
- Metsän monikäyttö, tavoitteena lisää työpaikkoja ja kestävä kehitys koko maassa
- Innovaatiot ja maailmanluokan jalostettu metsäraaka-aine
- Metsän kestävä hyödyntäminen ja suojele kansainvälisen yhteistyön profiilikysymyksenä
- Osaamisloikka metsän kestäväan käytön ja suojelun puolesta

Ilmastokestävyys sisältyy metsäohjelman ensimmäiseen fokusalueeseen. Sen tavoitteena on metsien kestävä kasvu, jolla turvataan hyvä ja varmistettu biomassan saatavuus kotimaisista metsistä, ottaen huomioon kansallisten ympäristötavoitteiden kehykset. Aktiivisessa metsänhoidossa tähdätään hiilinielujen kasvattamiseen (tilapäisten) hiilivarastojen kasvattamisen sijaan.

Metsänkasvua lisäävinä, ympäristön kannalta myönteisinä toimenpiteinä listataan:

- Parempi uudistamisen laatu
- Jalostus
- Taimikonhoito
- Harvennus
- Metsätuhojen vähentäminen

Raportissa arvioidaan, että seuraavat kolme ehdotusta voisivat yhdessä tuottaa 70–80 prosenttia arvioidusta kasvun lisäyksen potentiaalista: 1) aktiivinen sorkkaeläinhallinta, 2) paras mahdollinen metsänviljelyaineisto ja 3) korkeaan ja arvokkaaseen kasvuun tähtäävä metsänhoito.

Dokumentissa painotetaan seuraavia linjauksia kansainvälisen ilmastotavoitteen saavuttamiseksi (liittyvät hillintään):

- Metsästä saatavien raaka-aineiden käytön edistäminen substituu-tiovaikutusten saavuttamiseksi
- Korkea metsän kasvu johtaa ilmastohyötyihin lisääntyvien hakkuiden ja sitä kautta substituu-tiovaikutusten ja/tai lisääntyvän metsien hiilivaraston takia
- Ilmastosyistä ei ole perusteltua suojella metsää
- Maaperän kuivatus vapauttaa usein kasvihuonekaasuja. Ojien tukkimista osalla ojitettuja tur-vemaita pidetään keinona vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä.
- Jatkuvan kasvatuksen ilmastovaikutusta pidetään samana tai vähempänä kuin jaksollisen kas-vatuksen
- Muut (kuin dokumentissa mainitut) hiilivaraston kasvattamiseksi ehdotetut toimenpiteet joh-tavat korkeampiin raaka-ainekustannuksiin. Isompi hiilivarasto säilyy vain niin kauan kuin maankäyttö pysyy samanlaisena.

Lisäksi todetaan, että ilmastohyödyllä ei tule perustella hakkuita korkean luontoarvon kohteissa. Ra-portissa korostuu tarve aktiivisille luonnonhoidon ja vesiensuojelun toimenpiteille muuttuvassa il-mastossa.

Ilmastomuutokseen sopeutumistoimenpiteinä mainitaan:

- Viljelymateriaalin valinnassa suositetaan kasvupaikalle sopivia puulajeja ja alkuperiä, jotka me-nestyvät myös muuttuneessa ilmastossa
- Sekapuustoja suositetaan uudistamisessa ja kasvatuksessa. Edellytyksenä on riistavahinkojen rajoittaminen.
- Taimikonhoidon ja ensiharvennuksen suorittaminen aikaisessa vaiheessa ja voimakkaana, tavoitteena elinvoimainen ja vastustuskykyinen metsä
- Yli 20:n metrin pituisia puustoja harvennetaan varovasti tai jätetään harventamatta.
- Juurikääpää voidaan torjua kantokäsittelyllä ja talvikorjuulla.
- Kirjanpainajatuhojen yhteydessä on mahdollisimman pieniä määriä niiden lisääntymiselle so-pivaa puutavaraa metsässä
- Puunkorjuun suunnittelun parantaminen vaurioriskin minimoimiseksi.
- Metsätaloustoimenpiteiden (erityisesti puunkorjuu ja maanmuokkaus) aiheuttamaan metsä-paloriskiin varautuminen.

❖ **Pääviestit Ruotsin metsäohjelmasta:**

- Aktiivista metsänhoitoa suositetaan hiilinielun kasvattajana hiilivaraston (tilapäisen) kasvatta-misen sijasta.
- Metsien puuston kasvun lisäämisellä on keskeinen asema Ruotsin metsäohjelmassa ja ilmas-totavoitteiden saavuttamisessa.
- Tärkeinä linjauksina on puusta saatavan, fossiilisia vaihtoehtoja korvaavan raaka-aineen pa-rempi hyödyntäminen ja metsien kasvun lisääminen.
- Metsien puuston kasvua on mahdollista lisätä mm. aktiivisella sorkkaeläinhallinnalla, par-haalla mahdollisella metsänviljelyaineistolla ja korkealla ja arvokkaalla kasvuun tähtäävällä metsänhoidolla.

2.2.6. Hankkeeseen tehdyt muut selvitykset/toimintaympäristön katsaus

Tapion koordinoima **Metsäpolitiikkafoorumi** edistää tutkimusnäyttöön perustuvaa metsä- ja ympäristöpolitiikkaa. Foorumissa analysoidaan tieteellistä tietoa. Metsäpolitiikkafoorumissa kootusta tieteellisestä tiedosta laaditaan loppuraportti sekä politiikkavaihtoehtoja, jotka tuodaan havainnolliseen ja helposti hyödynnettävään muotoon. Vuonna 2019 teemana on ollut suometsät ja vuonna 2020 metsien terveys muuttuvassa ilmastossa. Erityisesti näistä teemoista kerätty tieto on hyödynnetty tässä taustaraportissa. Foorumin sidosryhminä ovat yliopistot, tutkimuslaitokset ja käytännön metsätaloudessa toimivat organisaatiot. Foorumia rahoittaa Maa- ja metsätalousministeriö ⁵⁶.

Suometsien politiikkasuositukset jaettiin foorumissa neljään osa-alueeseen:

- Turvemaiden käsittelyssä korostetaan paikallisia erityispiirteitä
- Suometsäosaamista vahvistetaan
- Vesiensuojelua tehostetaan
- Perustetaan suometsien yhteistyöverkosto

❖ Metsäpolitiikkafoorumin suometsien kokonaisanalyysin tutkimussynteesin pääviestit

- Suojelu ja ennallistaminen heikentävät metsätaloutta, mutta ovat positiivisia monimuotoisuudelle. Aktiivinen ennallistaminen aiheuttaa aluksi päästöjä vesistöön. Suojelun vaikutus kasvihuonekaasuihin vaihtelee.
- Peitteisen metsänkasvatuksen vaikutus (verrattuna jaksottaiseen) on positiivinen vesistöille ja monimuotoisuudelle, mutta metsätalouden ja kasvihuonepäästöjen kannalta vaikutus vaihtelee riippuen ajanjaksosta, korkokannasta sekä pohjaveden pinnan tasosta. Tutkimusnäytön arvioinnissa on huomioitu, että jaksollisesta kasvatuksesta löytyy runsaasti tutkimustuloksia (kasvu, tuotos), mutta jatkuvasta kasvatuksesta vastaavasti vähemmän.
- Ojaston kunnostus ja lannoitus lisäävät puuston kasvua ja sen hiilensidontaa. Vaikutus maaperän hiileen on negatiivinen, mikä aiheutuu tehokkaammasta ojastosta sekä lisääntyneestä puustosta johtuvasta maaperän kuivumisesta.
- Ojien kunnostus haittaa vesistöjä sekä monimuotoisuutta, mutta lannoituksen haitallinen vaikutus on pieni. Vesien määrän vaihteluun kunnostuksen vaikutus on positiivinen puuston lisääntymisen vuoksi.
- Eri toimenpiteillä voidaan joko kasvattaa turpeen hiilivarastoa tai vähentää metaani- ja typpioksiduulipäästöjä. Näiden suhteen toimenpiteiden vaikutukset ovat erisuuntaisia.

Tapion koordinoima **Kaukaa viisasta metsänhoitoa** -viestintähanke⁵⁷ toteutettiin yhteistyössä Suomen Metsäkeskuksen, MTK:n ja Luonnonvarakeskuksen kanssa. Hanketta rahoitti Maa- ja metsätalousministeriö. Hankkeessa luotiin nettisivusto, jossa on perustietoa metsänomistajille ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsiin ja parhaita keinoja ilmastonmuutokseen varautumiseen. Hankkeessa käytetty pääasiallinen tietopohja on metsänhoidon suositukset.

❖ Kaukaa viisasta metsänhoitoa -viestintähankkeessa esitetyt metsänhoidon suosituksiin perustuvat pääviestit:

- Hoida metsäsi oikea-aikaisesti

⁵⁶ viitattu 25.11.2020 <https://tapio.fi/metsapolitiikkafoorumi/>

⁵⁷ viitattu 25.11.2020 <https://tapio.fi/kaukaaviisasta/>

- Valitse puulaji kasvupaikan mukaan
- Lisää metsäsi monimuotoisuutta
- Pysäytä juurikäävän eteneminen
- Sovella metsänkasvatuksen eri menetelmiä
- Huolehdi vesiensuojelusta.

Maaperän hiilenkierrosta tehtiin selvitys Tapion puolesta. Selvityksessä kuvataan lyhyesti hiilenkierto suomalaisessa metsämaassa ja tarkastellaan hiilen kiertoon vaikuttavia tekijöitä. Selvitys kokoaa yhteen tietoa suomalaisen metsämaan hiilen määrästä. Selvitys ottaa kantaa myös metsänhoidon toimien vaikutuksesta maaperän hiilen määrään.

Suomalainen metsänomistaja 2020 - tutkimus alkoi vuonna 2018 ja hanke päättyy vuonna 2021. Tutkimusta tekee Luke yhteistyössä Helsingin yliopiston, Pellervon taloustutkimus PPT ry:n, Työteho-seura ry:n ja Suomen Metsäkeskuksen kanssa. Tutkimuksen tavoitteena on ollut kuvata perhemetsänomistuksen nykyinen rakenne ja omistajien tavoitteet sekä tarkastellaan puuntarjonta- ja metsänhoidokäyttämistä omistajaryhmittäin. Tutkimuksen raportti antaa tietoa metsänomistuksen rakenteesta ja omistajien käyttäytymisestä.

Tutkimuksen aineisto hankittiin vuonna 2019. Kysely lähetettiin 15 436 henkilölle (vastausprosentti 42,4 %). Tutkimuksessa kysyttiin metsänomistajia arvioimaan omia tavoitteitaan oman metsänomistuksen kannalta 25 eri tavoitteen kautta, joista yksi tavoite ”Metsäni toimii hiilinieluna ja hiilivarastona” liittyi suoraan ilmastomuutokseen huomiointiin ⁵⁸.

2.2.7. Ilmastomuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta - Ilmatieteen laitoksen raportti

Hankkeessa käytettäväksi tärkeimmäksi ilmastotieteelliseksi taustatiedoksi Ilmatieteen laitos kokosi Tapion toimeksiannosta erillisen raportin ”Ilmastomuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta”. Ilmastofaktoja kuvaava raportti (Liite 6) on julkaistu syyskuussa 2020 (<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/319348>). Tämän raportin sisältö on päivitetty versio vuoden 2019 Metsänhoidon suositusten sisältämästä tiedosta.

Raportti kokoaa tämän hetken tietämyksen ja pääviestit ilmastomuutoksesta Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Raportissa kuvataan ilmastomuutos ilmiönä sekä käytetyt erilaiset ilmastomuutoskenaariot (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5), keskittyen käsittelemään ilmastomuutoksen vaikutuksia pääasiassa metsätalouden kannalta todennäköisimmän (RCP 4.5) ja pahimman ilmastoskenaarion (RCP 8.5) kautta.

Näitä ilmastoskenaarioita hyödyntäen on tehty laaja katsaus Suomen ennustettuun ilmastomuutokseen metsätaloudelle tärkeiden tekijöiden ja merkittävämpien ilmastoriskien kautta. Osaa näistä tekijöistä on käsitelty sekä Euroopan, että Suomen tasolla. Kyseinen riskitarkastelu on raportin yksi päätavoitteista. Lisäksi raportissa tarkastellaan yleisluontoisesti, millaisia vaikutuksia ennustetuilla muutoksilla on Suomen metsiin ja metsätaloudelle. Raportin muut tarkastelut antavat hyvän pohjan

⁵⁸ https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/545837/luke-luobio_30_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

metsiä koskeville riskianalyysille, ennakointityölle ja tarkastelulle metsänhoidon menetelmistä. Raportin tuloksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.2. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa.

❖ **Raportin pääviestit:**

- Ilmastonmuutos tulee entisestään lisäämään metsien kasvua
- Metsätuhot voivat osittain neutralisoida toteutuvaa kasvunlisäystä
- Erityisesti Etelä-Suomen kuusikot ovat alttiita usealle metsätuholle
- Metsänomistajan tulee huolehtia metsien kasvusta ja elinvoimasta sekä pyrkiä myös tunnistamaan metsiä uhkaavat riskit, puuston ja maaston vaihtelevuus huomioon ottaen

2.2.8. Ilmastonmuutos ja metsänhoito - yhteenvetoraportti

Hankkeessa on koottu metsätieteellistä taustatietoa Luonnonvarakeskuksen ja Suomen Ympäristökeskuksen toteuttamaan yhteisraporttiin ” Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon”. Raportti (Liite 7) tehtiin Tapion toimeksiannosta ja se on julkaistu lokakuussa 2020 (<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/546573>).

Raportti on kirjoitettu Luken ja Syken tutkijoiden yhteistyönä. Raportin tekstien työstämiseen on osallistunut kirjoittajien lisäksi lukuisa joukko muita Luken ja Syken tutkijoita. Tämän raportin lähtökohtana käytetään Ilmatieteen laitoksen tekemän ” Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta” –raportin keskeisimpiä päätelmiä.

Tutkimuslaitosten yhteisraportin alussa kuvataan puiden vuosisyklin säätelyä ja ilmaston muutoksen vaikutuksia puiden kasvuun. Myöhemmin raportissa kuvataan ilmaston muutoksen vaikutuksia metsien puuston kehitykseen sekä hiilensidontaan sekä millä keinoilla metsänhoidossa voidaan vastata muuttuvaan ilmastoon. Raportti käsittelee myös metsänhoidon keinoja sopeutua muuttuvaan ilmastoon, mutta pääpaino on ilmastonmuutoksen hillinnän käsittelyssä. Metsänhoidon kysymyksissä näkökulma korostaa metsien taloudellista tuottoa ja siihen liittyviä riskejä sekä mahdollisuuksia. Raportissa määritellään metsänhoitoon ja hiilensidontaan liittyviä termejä, joita tullaan jatkossa käyttämään metsänhoidon suosituksissa. Tarve näiden termien määrittelyyn on noussut esille tämän taustaraportin koonnin yhteydessä.

Raportti antaa ajankohtaisimman tiedon suomalaisten metsien puuston ja hiilensidontan muutoksesta muuttuvassa ilmastossa ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Raportti koostaa tiedon puuston määrän/hiilivaraston ja hiilensidontan kehityksestä eri metsänkasvatusmenetelmillä sekä luonnontilaisessa metsässä pidemmällä aikavälillä. Raportissa käsitellään metsänhoidollisia keinoja, joilla voidaan sopeutua ilmastomuutoksen riskeihin sekä hillitä ilmastonmuutosta. Raportissa ei ole käsitelty metsätuhoteemaa, puun substituutiovaikutuksia tai vieraslajien vaikutuksia metsätalouteen tai monimuotoisuuteen. Näitä aiheita on käsitelty joko muissa selvityksissä tai ne eivät kuulu metsänhoidon suosituksissa laajemmin käsiteltäviin teemoihin.

Raportin perusteella ilmastonmuutoksen hillinnässä metsät toimivat paitsi uusiutuvan raaka-aineen ja energian lähteenä myös tärkeänä hiilen nieluna ja varastona. Maaperän hiilivarasto on suurempi kuin puustoon sitoutunut hiilen määrä ja erityisen korostunut ero on soilla, joilla metsäojitettuinakin hiilen määrä on turpeessa moninkertainen puuston hiilivarastoon verrattuna. Keskimäärin karujen ojitusalueiden kasvupaikkojen turve on hiilen nielu, mutta ravinteikkailla kasvupaikoilla turve on hiilen nettolähde ja erityisesti ravinteikkaiden ojitusaluekasvupaikkojen turpeen hiilivaraston hävikin

pienentämiseen olisi kiinnitettävä huomiota. Kangasmailla metsien hiilinielua pienentävät hakkuiden lisääminen, nuorten metsien osuuden voimakas lisääminen, hakkuutähteiden ja kantojen korjuu, intensiiviset harvennukset, luonnonpoistuman välttäminen tai korjaaminen sekä metsien raivaaminen muuhun maankäyttöön.

Metsien hiilinielua voidaan kasvattaa varmistamalla nopea uudistuminen, pidentämällä kiertoaikaa ja myöhentämällä harvennuksia, lisäämällä lahopuun määrää, keventämällä maanmuokkausmenetelmiä, metsittämällä sekä valitsemalla metsätuhoriskien näkökulmasta parhaat metsänhoitomenetelmät. Nopeimmin metsien hiilinielua voidaan kasvattaa pidentämällä kasvatusaikaa ja vähentämällä hakkuita. Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta viivyttelämätön ja tehokas metsän uudistaminen parantavat uudistamistulosta ja edistävät kasvavan puuston hiilen sidontaa.

Sopeutumisen osalta huomionarvoisiksi asioiksi nostetaan kuusen kasvattaminen oikeilla kasvupaikoilla ja elinvoimaisten sekametsien perustaminen sekä eripuulajien mikrokuvioista koostuvia sekapuustoisia käsittelykuvioita mm. hyönteis-, sieni ja tuulituhoriskien ennakkoimiseksi.

Metsän kasvatusvaiheessa metsänhoitotoimenpiteiden oikea-aikaisuudella ylläpidetään puuston elinvoimaisuutta ja hallitaan tuhoriskejä. Kasvatusvaiheessakin tavoitteena on säilyttää sekapuustoisuus puuston terveyden ja monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Turvemaametsissä metsänkäsittelyä ohjaa puuston haihduntakapasiteetin ylläpitäminen ja sitä kautta pohjaveden pinnan vaihteluiden hallinta. Poimintahakkuilla sekä erilaisilla pienaukko- ja kaistalehakkuilla on mahdollisuus pitää puuston riittävä haihduntakapasiteetti, jolloin myös kunnostusojituksen tarve vähenee. Metsänlannoitus on nopein ja taloudellisesti kannattava keino lisätä kasvua ja hiilensidontaa varttuneessa metsässä.

❖ **Raportin pääviestit:**

- Metsien hiilinielua voidaan kasvattaa varmistamalla nopea uudistuminen, lannoittamalla, jaloitetun viljelymateriaalin käyttö osana tehokasta metsänviljelyä, pidentämällä kiertoaikaa ja myöhentämällä harvennuksia, edistämällä lahopuun määrän kasvua, keventämällä maanmuokkausmenetelmiä, metsittämällä sekä valitsemalla metsätuhoriskien näkökulmasta parhaat metsänhoitomenetelmät. Lyhyellä aikavälillä nopeimmin metsien hiilinielua voidaan kasvattaa pidentämällä kasvatusaikaa ja vähentämällä hakkuita.
- Turvemailla hiilen hävikkiä turpeesta on mahdollista pienentää välttämällä liian tehokasta kuivatusta ja suosimalla peitteellisen metsänkasvatuksen menetelmiä.
- Erityisesti ravinteikkaiden ojitusaluekasvupaikkojen turpeen hiilivaraston hävikin pienentämiseen olisi kiinnitettävä huomiota.
- Kangasmailla metsien hiilinielua pienentävät hakkuiden lisääminen, nuorten metsien osuuden voimakas lisääminen, hakkuutähteiden ja kantojen korjuu, intensiiviset harvennukset, luonnonpoistuman välttäminen tai korjaaminen sekä metsien raivaaminen muuhun maankäyttöön.
- Laajojen yhden puulajin metsiköiden, erityisesti kuusiköiden, muodostamista vältetään hyödyntämällä täsmämetsänhoitoa.
- Tuhoriskejä voi pienentää oikea-aikaisilla metsänhoitotoimenpiteillä ja perustamalla elinvoimaisia sekametsiä sekä eripuulajien mikrokuvioista koostuvia sekapuustoisia käsittelykuvioita.

3 Tutkimussynteesi

Tämän taustaraportin laadinnan yhteydessä tehtiin tutkimussynteesi ilmastokestävän metsänhoitoon liittyvistä metsänkäytön valinnoista. Synteesin tarkoituksena on auttaa ymmärtämään ilmastokestävään metsänhoitoon liittyviä ilmiöitä, niiden ristikkäisvaikutuksia sekä vaikutuksiin liittyvää tutkimusnäytön vahvuutta. Laadittu tutkimussynteesin malli toimii pohjana vuonna 2021–2023 jatkettavalle suositustyölle.

Synteesin tulostaulukon avulla eri metsänhoidon vaihtoehtojen vaikutussuunnat nousevat selkeämmin esille kuin tarkastelemalla vaikutuksia erikseen. Synteesin taulukko koostuu selitteestä, ilmastokestävyyden näytön arvioinnista, vaikutusmekanismin selitteestä ja synteesissä käytetyistä lähteistä (liite 5). Vastaavaa tutkimussynteesin mallia on käytetty Tapion koordinoimassa Metsäpolitiikkafoorumi -hankkeessa⁵⁹.

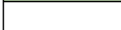
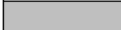
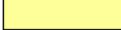
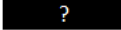
3.1 Tutkimussynteesin rakenne

3.1.1 Taulukon selitteet

Taulukossa käytettävää arviointijärjestelmää havainnollistetaan selitekaaviossa (liite 5). Taulukossa kuvataan erikseen vaikutuksen suuntaa sekä tutkimusnäytön vahvuutta.

Vaikutuksen laadun arvioinnissa kuvataan vaikutuksen suunta eli vaikuttaako toimenpide positiivisesti, negatiivisesti vai ei ollenkaan. Tästä esimerkkinä on metsän suojelu suhteessa puuntuotantoon. Siinä vaikutus puuston hiilinieluun lyhyellä aikavälillä arvioidaan positiiviseksi, koska hakkuiden vähentämisen vaikutus hiilinieluun on mallilaskelmien mukaan kaikkein tehokkain tapa lisätä metsien hiilinielua erityisesti lyhyellä aikavälillä. Vaikutuksen suuntaa havainnollistettiin värityksen avulla. Tämän lisäksi arvioitiin tutkimusnäytön vahvuutta, jota ilmaistiin symboleilla (kuva 6).

⁵⁹ viitattu 25.11.2020 <https://tapio.fi/metsapolitiikkafoorumi/>

Toimenpiteen vaikutus arvioidaan asteikolla:	
	Selvästi positiivinen: vaikutus yli 15 %.
	Positiivinen: vaikutus 5-15 %.
	Ei vaikutusta: +5 - - 5 %
	Vaikutuksen suunta riippuu myös muista tekijöistä, esim. korkokannasta.
	Negatiivinen: vaikutus 5-15 %.
	Selvästi negatiivinen: vaikutus yli 15 %.
	Ei tiedetä
Tutkimusnäytön vahvuuden ilmaiseminen	
Näytönaste Määritelmä	
	Vahva: useita samansuuntaisia tutkimustuloksia. Tulokset kattavia alueellisesti ja kasvupaikkojen ym. suhteen.
	Keskinkertainen: osin ristiriitaisia tuloksia, tutkimusaineiston edustavuus puutteellinen tai vähäinen lukumäärä tuloksia.
	Heikko: vain osittaisia tuloksia, joita täydennetty asiantuntija-arvioilla.
	Ei tutkimustuloksia: toimenpiteen vaikutuksen kuvaus perustuu asiantuntija-arvioon

Kuva 6. Tutkimussynteesin toimenpiteiden vaikutusten ja tutkimusnäytön vahvuuden arvioinnin asteikko.

3.1.2 Tutkimusnäytön vahvuuden arviointi

Valittua metsänhoidon toimenpiteen ilmastokestävyyttä arvioidaan eri kestävyysosa-alueiden sekä niihin liittyvien kriteerien ja indikaattoreiden kautta. Taulukossa isona rajauksena on käytetty kestävyden osa-alueista ilmastollista, taloudellista ja ekologista kestävyyttä. Taulukon toisena lähtökohdiana oli tarkastelu ekosysteemipalvelujaottelun kautta, jossa huomioitiin tuotanto-, säätely-, kulttuuri- ja ylläpito/tukipalvelut.

Taulukkoon valittiin kriteerejä kustakin ekosysteemipalveluluokasta ja käytettävät kriteerit luokiteltiin edelleen neljään osa-alueeseen: ilmastokestävyys (hillintä), ilmastokestävyys (sopeutuminen), puuntuotanto ja monimuotoisuus. Osa-alueisiin sisällytettiin useita työn kannalta keskeisiksi havaittuja indikaattoreita (taulukon rivit). Indikaattoreihin liittyvät riskit ovat suuntaa antavia eikä riskin merkitsevyyttä ole vertailtu indikaattoreiden kesken.

Synteesiin valittiin 12 metsien hoitoon ja käyttöön liittyvää valintatilannetta (taulukon sarakkeet), jotka on havaittu keskeisiksi osa-alueiksi taustaraportin koonnin yhteydessä. Taulukkoon valitut metsänhoidon vaihtoehdot ovat pääasiassa ilmastomuutoksen hillinnän keinoja. Valittuja vaihtoehtoja on verrattuna yleisesti talousmetsissä käytössä olevaan metsänhoidolliseen tilanteeseen (jatkuvaa kasvatusta vallitsevaan jaksollisen kasvatuksen menetelmään) tai tilanteeseen, jossa ei toimenpidettä ei tehdä (lannoitus verrattuna tilanteeseen, jossa ei lannoiteta).

Valintatilanteita tarkastellaan erityisesti ilmastokestävyyden, mutta myös puuntuotannon ja monimuotoisuuden näkökulmasta eri aikaväleillä. Aikaväleiksi valittiin lyhyt aikaväli (alle 10 vuotta) ja pitkä aikaväli (kiertoaika).

Synteesissä kuvatut valintatilanteet ovat:

1. Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (kivennäismaiden kasvatusmetsä)
2. Jatkuva kasvatus suhteessa jaksolliseen kasvatukseen (turvemaiden kasvatusmetsä)
3. Sekametsien lisääminen metsänhoidossa verrattuna nykyiseen
4. Kiertoajan pidentäminen suhteessa nykysuositukseen (uudistusalat)
5. Kasvatustiheyksien nostaminen suhteessa nykyisiin harvennismalleihin (kasvatusmetsä)
6. Jalostetun siemenmateriaalin käyttö suhteessa metsikkösiemeneen (uudistusalat)
7. Metsän suojelu suhteessa puuntuotantoon
8. Heikkotuottoisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen
9. Ravinteisen suon ennallistaminen suhteessa metsänkasvatukseen
10. Lannoitus suhteessa, ettei lannoiteta (kivennäismaiden kasvatusmetsä)
11. Lannoitus suhteessa, ettei lannoiteta (turvemaiden kasvatusmetsä)
12. Hakkuutähteen ja kantojen korjuu suhteessa, ettei korjata (uudistusalat)

Valintatilanteita tarkastellaan erityisesti ilmastokestävyyden, mutta myös puuntuotannon ja monimuotoisuuden näkökulmasta eri aikaväleillä. Aikaväleiksi valittiin synteesin laadintavaiheessa lyhyt aikaväli (alle 10 vuotta) ja pitkä aikaväli (kiertoaika). Metsänhoidon suositusten laadinnan periaatteiden uudistamisen yhteydessä päätettiin joulukuussa 2020, että suositusten jatkotyössä synteeseissä käytettävä lyhyen aikavälin tarkastelu on ”alle 25 vuotta”.

3.2 Tutkimusnäytön vahvuuden ja vaikutusten arviointi

Vaikutusmekanismin kuvauksessa (liite 5) on lyhyt sanallinen kuvaus siitä, miten tarkasteluun valittu metsänhoidon vaihtoehto vaikuttaa indikaattoriin lyhyellä ja pitkällä aikavälillä eli perustelu näytön arvioinnille.

Tutkimustiedon vahvuuden osalta arvioitiin käytettävissä olevan tutkimustiedon määrä ja laatu sekä mainitaan aiheeseen liittyviä muita oleellisia julkaisuja. Osioon on kerätty keskeisiin aiheeseen liittyvä julkaistu materiaali, pääpaino tieteellisillä julkaisuilla. Tutkimustiedon pääasiallisena lähteenä on käytetty Luken ja Syken tekemää yhteisraporttia (Liite 7). Lisäksi Tapion työryhmä (Arto Koistinen, Risto Päivinen, Kalle Vanhatalo) ja tutkimussynteesin tiettyjen osien arviointiin osallistuneet tutkijat (Matti Haapanen, Saija Huuskonen, Hannu Ilvesniemi, Atte Komonen, Aleksi Lehtonen, Päivi Mäkiranta, Paavo Ojanen, Heli Peltola, Sampo Soimakallio) ovat koonneet tutkimustietoa. Suometsien käytön ja metsätuhojen osalta on hyödynnetty Metsäpolitiikkafoorumin loppuraporttia⁶⁰.

⁶⁰ Schneider, H. ja Päivinen, R. 2020, Suometsien kokonaisanalyysi, loppuraportti. Tapion raportteja nro 38.

4 Tulosten yhteenveto

Seuraavissa kappaleissa käsitellään tehdyn koonnin perusteella ilmastokestävää metsänhoitoa, ilmastomuutosta Suomessa ja sen vaikutuksia metsätalouteen. Tulosten yhteenvedossa kuvataan myös suositusten jatkokehityksessä huomioitavia tekijöitä.

Ilmastomuutos ilmiönä on kuvattu tarkemmin Ilmatieteen laitoksen laatimassa raportissa Ilmastomuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta (Liite 6). Ilmastomuutoksen vaikutuksia metsien puuston kehitykseen sekä hiilensidontaan sekä sopeutumiskeinoja muuttuvaan ilmastoon on kuvattu tarkemmin Luonnonvarakeskuksen ja Suomen Ympäristökeskuksen laatimassa yhteenvedossa (Liite 7).

4.1 Ilmastokestävyyden terminologia

Keskeisten käsitteiden määrittely auttaa eri toimijoiden välisessä vuorovaikutuksessa, tarkentaa metsätalouden ilmastokestävyyden ympärillä käytävää keskustelua ja jäsentää käsiteltävää tietoa. Suositusten yhtenä päämääränä onkin suomalaisen metsätalouden ilmastokestävyyteen liittyvän terminologian vakiinnuttaminen ja tätä kautta pyrkimys vähentämään metsäalan toimijoiden ja metsänomistajien välillä mahdollisesti esiintyviä epäselvyyksiä. Tämä tarve on tullut esille taustaraportin aineistoa kerätessä.

Nyt kootun synteessin tulosten perusteella on siis selvää, että useat metsätalouden ilmastokestävyyteen liittyvät termit vaativat tarkennusta tai uudelleen määrittelyn. Toisaalta metsäalalla on termejä, jotka ovat vakiintuneita, mutta niiden löyhä käyttö aiheuttaa epäselvyyttä eri toimijoiden välillä. Käytössä on myös termejä, joiden käytössä ei nähdä ristiriitoja.

Keskeisimmät tarkennusta kaipaavat termit/aihepiirit:

- Kokonaiskestävä metsänhoito / Ilmastokestävä metsänhoito
- Hiilenkierto
- Hiilensidonta
- Hiilitase
- Hiilinielu
- Hiilivarasto
- Maaperähiili
- Puustohiili
- Täsmämetsätalous
- Metsätalouden substituutiovaikutus

Kokonaiskestävyys

Kokonaiskestävän metsänhoidon määrittelyssä voidaan ottaa kansallinen ja yksittäisen metsänomistajan näkökulma. Suositukset ovat itsessään sidottuna Kansalliseen metsästrategiaan⁶¹ ja sen

⁶¹ Kansallinen metsästrategia 2025.

päämääriin kokonaiskestävyyden osalta. Kansallinen metsästrategia ei kuitenkaan huomioi kokonaiskestävää metsänhoitoa yksittäisen metsänomistajan näkökulmasta, vaan se tulee tehdä suosituksissa.

Tulosten perusteella käytännön metsätoimijoiden keskuudessa metsätalouden kokonaiskestävyys määritellään isossa kuvassa melko yhtenäisesti mukaillen Kansallisen metsästrategian yhtä päämäärää ”Metsät ovat aktiivisessa, taloudellisesti, ekologisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävässä ja monipuolisessa käytössä”. Heidän kommentteissansa nousee esille myös mm. ekosysteemipalveluiden tunnistamisen tärkeys ja näkemys siitä, että kokonaiskestävyys pitää sisällään joustavat metsätalouden toimintatavat.

Tapion tekemän tutkijakyselyn mukaan nähdään vahvasti, että kokonaiskestävyyden hakeminen metsän käsittelyssä edellyttää kompromisseja kestävyiden eri osa-alueiden välillä, mikä osaltaan tukee joustavien toimintatapojen kuvaamista metsätalouden kokonaiskestävyyden määrittelemisessä. Tätä näkökulmaa nykyisen Kansallisen metsästrategian määritelmä kestävästä metsätaloudesta ei tuo selkeästi esille. Siinä kestävä metsätalous on määritetty metsien ja metsämaiden hoidoksi ja käytöksi siten, että säilytetään niiden monimuotoisuus, tuottavuus, uusiutumiskyky ja elinvoimaisuus sekä mahdollisuus toteuttaa nyt ja tulevaisuudessa merkityksellisiä ekologisia, taloudellisia ja sosiaalisia toimintoja paikallisilla, kansallisilla ja maailmanlaajuisilla tasoilla, sekä siten, ettei aiheuteta vahinkoa muille ekosysteemeille. Metsien kestävä hoito ja käyttö terminä pitää sisällään myös metsien suojelun.

Ilmastokestävyys

Kansallisen metsästrategian ⁶² tavoitteena on, että ilmastokestävyys tulee olemaan kiinteä osa hyvän metsänhoidon kokonaisuutta. Ilmastokestävä metsätalous on itsessään suhteellisen uusi termi, eikä sitä ole määritelty yhdenmukaisesti ja selkeästi ⁶³. Termi tuleeikin määritellä uudistettaessa metsänhoidon suosituksia. Koska suosituksessa käytettävien termien tulee olla neutraaleja, metsänhoidon suositustyössä ei tulla käyttämään ”ilmastoviisas” termiä. Käytettävän termin tulisi itsessään ottaa huomioon kokonaiskestävyyden määritelmä, jonka vuoksi ”kestävyys” sanan sisällyttäminen lopulliseen termiin on selkeämpää ja yhtenäisempää.

Ilmastokestävän metsätalouden ydin muodostuu kokonaiskestävyyden osa-alueiden (taloudellisten, ekologisten, sosiaalisten) näkökulmien samanaikaisesta huomioimisesta. Kokonaiskestävyyden tavoin ilmastokestävyyden huomiointi voi vaatia metsien käsittelyssä kompromisseja, jolloin metsänomistajan kaikki tavoitteet eivät toteudu täysimääräisesti. Ilmastokestävän metsätalouden määritelmän tulisi ottaa huomioon sekä sopeutuminen ilmastonmuutokseen, että ilmastonmuutoksen hillinnän ⁶⁴ sekä näiden mahdolliset ristiriidat nyt ja tulevaisuudessa. Sopeutumiskeinojen huomioiminen edesauttaa myös ilmastonmuutoksen hillinnässä.

⁶² Kansallinen metsästrategia 2025.

⁶³ Yousefpour, R., Augustynczyk, A.L.D., Reyer, C.P.O. et al. 2018. Realizing Mitigation Efficiency of European Commercial Forests by Climate Smart Forestry. *Sci Rep* 8, 345. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18778-w>.

⁶⁴ Santopuoli, G., Temperli, C., Alberdi, I., Barbeito, I., Bosela, M., Bottero, A., Klopčič, M., Lesinski, J., Panzacchi, P. and Tognetti, R. 2020. Pan-European Sustainable Forest Management indicators for assessing Climate-Smart Forestry in Europe. *Canadian Journal of Forest Research*.

Ilmastokestävyys nähdään tietoisena ja ennakoivana toimena sopeutua ilmastonmuutokseen ja hillitä ilmastonmuutosta ⁶⁵. Ilmastokestävyys vähentää haavoittuvuutta ja kasvattaa sopeutumiskykyä. Ilmastokestävässä metsänhoidossa kiinnitetään erityisesti huomiota puuston terveydestä ja elinvoimaisuudesta huolehtimiseen ⁶⁶ sekä metsien hiilitaseeseen. Tavoitteena on ylläpitää metsien yhteneväisyys ja toiminnot sekä metsäekosysteemin tarjoamien ekosysteemipalveluiden jatkuvuus ⁶⁷.

Metsien monimuotoisuuden vahvistaminen on tärkeä osa ilmastokestävyyttä. Mitä runsaampia, elinvoimaisempia ja monimuotoisempia metsät ovat, sitä paremmin ne pystyvät sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon.

Metsänomistajan näkökulmasta ilmastonmuutokseen sopeutumisen toimet ovat tärkeitä huomioida ja näin ollen parantaa metsien tuhonkestävyyttä. Metsäalan toimijoille ilmastokestävä metsätalous tarkoittaa ajan tasalla olevaa metsäsuunnittelua ja oikea-aikaisia ja tarkoituksen mukaisia metsänhoitotoimenpiteitä. Siinä sovelletaan ketterästi uusinta tieteellistä tietoa ja käytetään parasta saatavilla olevaa teknologiaa ja menetelmiä. Se nostaa esille koko metsäekosysteemin merkittävän roolin hiilen- ja ravinteiden kierrossa.

Ilmastokestävä metsätalous ylläpitää ja parantaa metsien kasvukykyä, ja sen sisältämät metsänhoidon toimenpiteet tähtäävät siihen, että metsistä tuotetaan materiaalia, jolla korvataan parhaalla mahdollisella tavalla fossiilia raaka-aineita tai niitä kuluttavia materiaaleja. Ilmastokestävä metsätalous ottaa huomioon lyhyen ja pitkän aikavälin muutokset metsäekosysteemissä.

Hiilenkiertoon liittyvät termit

Tausta-aineistojen perusteella erityisesti hiilenkiertoon liittyvät termit tarvitsevat tarkennusta, kuten itse hiilenkierto, hiilensidonta, hiilitase, (vuosittainen) hiilinielu ja hiilivarasto. Tutkijakyselyn mukaan hiilinielu-termi koetaan erityisen sekavaksi ja sen, sekä hiilivaraston ero tulisi tarkentaa suositustyön aikana.

Yhdeksi ratkaisuksi hiilinielun määrittelemiseen ehdotetaan sen korvaamista hiilivaraston muutoksella. Voidaan myös sanoa, että hiilinielun mittari olisi hiilivaraston karttuminen. Yksittäisissä kommentteissa pohditaan tarvetta korvata "puuston hiilivarasto" termillä "metsän hiilivarasto", josta jälkimmäinen sisältäisi sekä maaperän, että puuston hiilivaraston. Tällainen summaaminen voi olla harhaanjohtavaa, koska nämä varastot ovat kaksi eri asiaa ja niiden muutoksiin vaikuttaa erilaiset prosessit.

Metsäekosysteemin maaperän hiili -termistä puhuttaessa tulisi muistaa, että maaperässä hiili ei esiinny pelkästään sen päällimmäisessä orgaanisessa kerroksessa, vaan merkittävä osa hiilestä on varastoitunut maannoshorisontin alempiin osiin kivennäismaahan. Suositusten tasolle lienee selkeintä ottaa huomioon koko maannoshorisontin sisältämä hiilipitoisuus. Mikäli joku maannoksen osa rajataan tarkastelun ulkopuolelle, se tulisi ilmaista selkeästi lisätiedoilla.

⁶⁵ viitattu 3.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/>

⁶⁶ IPCC. 2014. Annex II: Glossary [Mach, K. J., Planton S. & von Stechow, C. (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland: 117–130. (pdf).

⁶⁷ Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder, F., del Río, M., La Porta, N., Kluvankova, T., Lesinski, J., Motta, R., Pach, M., Panzacchi, P., Pretzsch, H., Temperli, C., Tonon, G., Smith, M., Velikova, V., Weatherall, A., and Tognetti, R. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. Ecosystem Services, Volume 43, 101113.

Suositustyön edetessä on hyvä miettiä, tuleeko jo vakiintuneita termejä, kuten maaperän orgaaninen aines ja maaperän hajotustoiminta määritellä erikseen. Nämä voisivat olla hyödyllinen lisä termistöön metsänomistajan näkökulmasta ymmärtämään maaperän hiilenkiertoa.

Monimuotoisuutta indikoivat termit

Tutkijakyselyssä ehdotettiin tarkennusta myös monimuotoisuuteen liittyville termeille, kuten lahoppuujatkumo ja säästöpuu. Erityisesti näiden merkitystä tulisi avata paremmin ja selventää niiden merkitystä metsänomistajien erilaisille tavoitteille sekä ottaa huomioon sertifiointin asettamat rajat.

Substituutio

Substituutiota ja sen merkitystä suositustyössä on käsitelty suositusten ohjaus- ja johtoryhmissä. Käydyin keskustelun perusteella nähdään, että suosituksia uudistettaessa tulisi esittää selkeästi, mitä metsätalouden substituutiovaikutuksilla tarkoitetaan. Substituutio-sanaa on ehdotettu korvattavaksi suosituksissa suomenkielisellä termillä.

Muut esille nousseet epäselviksi koetut termit

Tutkijakyselyssä listataan lisäksi muita metsäalan termejä, joita koetaan epäselviksi. Vakiintunut avohakkuu-termiä ehdotetaan tarkennettavaksi. Avohakkuuseen rinnastettavia, käytössä olevia termejä ovat toisinaan myös päätehakkuu ja uudistushakkuu, vaikka nämä termit sisältävät avohakkuun lisäksi esimerkiksi siemenpuu- ja kaistalehakkuut. Myös jokseenkin vakiintuneet termit, kuten hakkuutahteiden poisto/korjuu, koetaan epämääräisiksi.

Metsän kasvuun liittyviä epäselviä termejä ovat mm. juokseva kasvu, kiertoajan kasvu ja puuntuotos. Suosituksissa tulee myös määritellä, mitä täsmäkäsittely tarkoittaa esimerkiksi kemiallisten torjunta-aineiden käytön kohdalla käytännön metsätaloudessa.

4.2 Metsänomistajien odotukset ja tavoitteet

Metsänhoidon suositusten rooli

Metsänhoidon suosituksilla on tärkeä rooli vaihtoehtojen, hyväksi todettujen toimenpiteiden tarjoajana metsäalalla. Tämä nousee vahvasti esille pyöreän pöydän tilaisuuksien keskusteluista. Samalla nousee esille epätietoisuus metsänhoidon ilmastokestävyydestä, mihin suositusten toivotaan antavan selvennystä ja lisäävän kokonaisuuden ymmärrettävyyttä.

Metsäalan keskustelua leimaavat erimielisyydet, jotka koskevat ilmastonmuutoksen tuomia riskejä ja mahdollisuuksia. Suosituksilta toivotaan selkeyttämistä erityisesti ilmastonmuutoksen vaikutusten osalta. Suositukset muodostavat käytännön standardin parhaista toimintamalleista, joten niiden pitää olla hyvin perusteltuja. Perusteluihin käytetään ajankohtaisinta tieteellistä tietoa sekä kokemuksia käytännön metsätaloudesta. Suositusten uudistamisen myötä suositusten laadinnan prosessin läpinäkyvyyttä lisätään ja perustelut lähdeviittauksineen tarjotuille vaihtoehdoille tuodaan entistä selkeämmin esille.

Suosituksien taustalla on periaate, että metsänomistaja päättää metsiensä käytöstä. Hänellä voi olla useita erilaisia tavoitteita metsiensä käytölle. Metsänhoidon suositukset tarjoavat metsän käsittelyn vaihtoehtoja, joilla näitä tavoitteita voi toteuttaa. Metsänomistaja voi mieltymystensä mukaan valita

ja painottaa erilaisia tavoitteita kuvioittain tai eri puolilla metsätilaa.

Kokonaiskestävyys osana päätöksentekoa

Uudistettavien suositusten yhtenä päämääränä on auttaa metsänomistajaa määrittelemään entistä paremmin, miten hän voi tavoitella kokonaiskestävyyttä omissa metsissään. Suositukset voivat toimia apuvälineenä metsänomistajille tavoitteiden kunnianhimoiseen asettamiseen. Suosituksissa tuleekin kuvata kokonaiskestävyyden osa-alueet ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Tällöin metsänomistaja voi arvottaa toimiaan mm. talouden, monimuotoisuuden, virkistyskäytön ja ilmastollisten vaikutusten kautta.

Suosituksen tarjoamia vaihtoehtoja arvioimalla ja noudattamalla metsänomistaja voi toteuttaa erilaisia tavoitteitaan huomioiden kokonaiskestävyyden kaikki osa-alueet. Metsänsuojelu on yksi metsien käytön vaihtoehtoista.

Suosituksissa tulee myös jatkossa kuvata, mitä ilmastokestävyys tarkoittaa osana metsätalouden kokonaiskestävyyttä. Tätä onkin tarkennettu metsänhoidon suositusten laadinnan periaatteissa, jotka on hyväksytty metsänhoidon suositusten johtoryhmässä joulukuussa 2020.

Metsäneuvonnan rooli

Metsänhoidon ja metsien käytön sopeuttaminen ilmastonmuutokseen tulee vaatimaan toimialalta joustavuutta metsänhoidon menetelmien valinnassa. Tämä edellyttää jatkuvaa menetelmävalikoiden kehittämistä ja monipuolistamista. Tulevaisuudessa ei voida tukeutua yhteen yleismenetelmään, vaan ilmastonmuutokseen sopeutuminen vaatii metsänomistajalta ja metsäammattilaiselta uskallusta uusien menetelmien kokeiluun. Tähän pyrittäessä tulee metsäalalla toimivien henkilöiden päivittää osaamistaan ja ymmärtää, että ilmastonmuutoksen tuomat muutokset lisäävät yleisesti epävarmuutta.

Metsänomistajien odotukset metsäneuvonnasta kasvavat koko ajan, mikä lisää entisestään metsänhoidon suositusten roolia sekä metsänomistajien, että metsäammattilaisten keskuudessa. Metsänomistajat eivät aina tiedä, mitä tai miten metsänhoitoa tulisi toteuttaa tavoitteisiin pääsemiseksi.

Uudistetuissa suosituksissa huomioidaan metsänhoidon toimenpiteiden vaikutukset ilmastokestävyyden näkökulmasta, mikä osaltaan auttaa metsänomistajaa tekemään valintojaan ilmastotavoitteidensa mukaisesti. Näiden tavoitteiden lisäksi metsänomistajalle on hyvä tuoda esille valintojen muutkin vaikutukset kestävyiden eri osa-alueisiin.

Metsäammattilaisen tehtävänä on tarjota metsänomistajalle hänen tavoitteitaan edistäviä vaihtoehtoja metsien käsittelyyn. Tällöin on tärkeää arvioida tasapuolisesti menetelmien oletetut hyödyt ja haitat sekä mahdollisuudet ja riskit. Päätökset toimenpiteistä tekee aina metsänomistaja.

Ydinasiat

- Pyöreän pöydän tilaisuuksien mukaan metsänomistajat ja metsäalan toimijat odottavat suositusten selkeyttävän keskustelua ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon, sekä selkeyttävän toimia, joita metsänomistaja voi tehdä sopeutumisen ja hillinnän eteen omissa metsissään.

- Metsäammattilaisten tulee pystyä osaltaan auttamaan metsänomistajaa neuvontatilanteissa ja kertoa vaihtoehtoista, joiden avulla metsänomistajan on mahdollista päästä tavoitteisiinsa.

❖ **Keskeiset muutostarpeet nykyisiin metsänhoidon suosituksiin**

- Tuotetaan selkeät kuvaukset ilmastokestävyyteen liittyvistä termeistä.
- Kuvataan, mitä ilmastokestävyyden (hillintä & sopeutuminen toteutus tarkoittaa käytännön metsänhoidon ratkaisuihin).
- Laaditaan tarkempi kuvaus, miten metsänomistaja voi määritellä omia tavoitteitaan.
- Kuvataan, minkälaisia nämä tavoitteet voivat olla, ja miten ne liittyvät kestävyyden eri osa-alueisiin.

4.3 Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa

Tässä käsiteltävä tiivistys ennustetusta ilmastonmuutoksesta Suomessa pohjautuu Ilmatieteen laitoksen raporttiin ”Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta” (Liite 6), ellei toisin mainita. Ilmastomuutoksen vaikutuksia on käsitelty laajasti jo vuoden 2019 Metsänhoidon suosituksissa. Nyt laadittu Ilmatieteen laitoksen raportti on paras arvio tulevista ilmastollisista muutoksista, sisältäen päivitetyn tiedon ilmastonmuutoksen vaikutuksista Suomen metsätalouteen ja näin ollen tarkentaen suositusten aikaisempaa tietoa. Tämän tiedon pohjalta on aikaisemmasta suosituksissa olemassa olevasta tiedosta poiketen laadittu oma erillinen raportti Ilmatieteen laitoksen julkaisusarjassa.

Pääpaino raportissa on ilmastoparametrien muutosten kuvauksessa eri skenaarioissa. Raportti myös kokoaa tiedon ilmastoparametrien muutoksen vaikutuksista metsien kasvuolosuhteisiin sekä erilaisiin metsäekosysteemiin kohdistuviin häiriötekijöihin (tuuli, metsäpalo, lumikuorma jne.).

Raportin keskeinen johtopäätös metsänhoidolle on, että ”metsänomistajien kannalta keskeistä on huolehtia siitä, että metsät kasvavat hyvin ja ovat elinvoimaisia, ja pyrkiä myöskin huomioimaan metsiä uhkaavat riskit”⁶⁸.

Raportin mukaan ilmastonmuutos näkyy nyt ja tulevaisuudessa lämpötilan, sademäärän, tuulisuuden sekä säteilyn muutoksina, mutta odotettavissa ei ole suuria ilmastollisia muutoksia koko maan mittakaavassa tai alueellisesti. Myöskään ilmastonmuutoksesta johtuvia, usein toistuvia ja massiivisia metsätuhoja ei ennusteta olevan, mutta niiden esiintymisen riskiä ei voi poistaa.

Lämpötila, termiset vuodenaajat ja lämpösumma

Ilmastonmuutoksen selkeä piirre Suomessa on lämpötilan kohoaminen ja sen ennustetaan olevan Suomessa voimakkaampaa kuin maapallolla keskimäärin. Lämpenemisen ennustetaan jatkuvan samankaltaisena lähimpinä tulevana vuosikymmeninä kuin viimeistenkin vuosikymmenten aikana. Tällä hetkellä ilmasto lämpenee Suomessa vajaat puoli astetta vuosikymmenessä. Seuraavien noin 20 vuoden aikana vuoden keskilämpötilan odotetaan siten kohoavan Suomessa todennäköisimmin 0,5–1,5

⁶⁸ Mönkkönen, M., Halme, P., Burgas, D., Kotiaho, J. 2020. Lausunto tutkimusselvityksestä. Jyväskylän Yliopisto.

asteella. Talvet lämpenevät kesiä voimakkaammin, noin 1,5–2 kertaista kesiin verrattuna. Pohjois-Suomessa lämpeneminen on voimakkaampaa verrattuna Etelä-Suomeen.

Talven kaikkein kovimpien pakkasten odotetaan lauhtuvan enemmän kuin leutojen säätilanteiden, kun taas kesällä sekä korkeat että matalat lämpötilat nousevat yhtä paljon. Kesällä hellepäivien lukumäärän odotetaan jo parin asteen lämpenemisen seurauksena vähintään kaksinkertaistuvan vuosisadan puoliväliin mennessä 1900-luvun lopun tilanteeseen verrattuna⁶⁹.

Erot lämpenemisen voimakkuudessa Suomen eri alueiden välillä eivät tule olemaan kovin suuria, mutta maan pohjoisosissa lämpeneminen on kuitenkin hieman voimakkaampaa kuin etelässä erityisesti talviaikaan. Kesällä erot lämpenemisen voimakkuudessa maan eri osien välillä ovat pieniä. Lämpenemisen aiheuttaa termiset vuodenaajat siirtymistä ja kasvukauden lämpösummien kasvamista. Muutoksista voi mainita kesän pidentymisen molemmista päistä arviolta vajaat kaksi viikkoa ja talven tulon viivästymisen todennäköisesti kolmen viikkoa. Kasvukauden odotetaan pitenevän ja lämpenevän.

Kasvukauden lämpösummien ennustetaan kasvavan siten, että jo jaksolla 2020–2049 lämpösummaa kertyy eteläisimmässä Suomessa tyypillisenä kesänä yhtä paljon kuin Baltian eteläosissa jaksolla 1971–2000. Vastaavasti Etelä-Suomen 1900-luvun lopun olosuhteet siirtyisivät maan keskivaiheille ja maan keskiosien olosuhteet Lapin eteläosiin. Mikäli ilmaston lämpeneminen jatkuu edelleen vuosisadan loppupuolella, alkaisivat Etelä-Suomen olosuhteet kuluvan vuosisadan loppuun mennessä muistuttaa jo Puolan ja Ukrainan 1900-luvun lopun olosuhteita. Tyypilliset 1900-luvun lopun Etelä-Suomen kasvukaudet puolestaan siirtyisivät lämpenemisen voimakkuuden mukaan jonnekin Oulun ja jopa Pohjois-Lapin välille. Kasvukausien lämmitessä 1900-luvun lopun ilmaston mukaiset harvinaiset lämpimät kasvukaudet muuttuvat nopeasti yleisiksi ja viileät kasvukaudet puolestaan hyvin harvinaisiksi.

Sademäärä

Sademäärien ennakoitaan Suomessa hieman kasvavan ilmaston lämmitessä. Ennusteet sademäärien kasvamisesta ovat kuitenkin epävarmimmalla pohjalla, kun verrataan lämpötilojen ennustamista. Sademäärän ennakoitu kasvu on suurelta osin seurausta lisääntyvistä sateista talvella. Kesällä ilmastomallit ennustavat keskimäärin sademäärän kasvavan vain vähän ja osa malleista ennakoivat sademäärän jopa pienenevän kesällä. Suomessa sademäärän ennakoitu kasvu on hieman suurempaa maan pohjois- kuin eteläosassa. Rankimpien sateiden ennustetaan voimistuvan jonkin verran ilmaston lämmitessä ja kesien sademäärän kasvu liittyykin rankkasateiden voimistumiseen.

Vesisateiden osuus kasvaa etenkin alkua- ja lopputalvesta, mutta vuosisadan lopulla voi tammi-helmikuussakin tulla eteläisimmässä Suomessa yli puolet sateesta vetenä. Tämä johtaa lumisateiden kokonaismäärän pienenemiseen, vaikka talvella sademäärä jonkin verran kasvaakin. Lounaissaaristossa lumisateiden odotetaan vähenevän vuosisadan puoliväliin mennessä kolmanneksella ja vuosisadan loppuun mennessä alle puoleen, kun taas Lapissa muutos on selvästi pienempi, vuosisadan loppuun mennessäkin todennäköisesti alle 20 prosenttia. Sademäärien kasvaminen ja muutokset sateen olo- muodossa sekä lumipeitteessä vaikuttavat oleellisesti jokien virtaamiin ja tulvien esiintymiseen.

⁶⁹ Kim, S., Sinclair, V. A., Räisänen, J. ja Ruuhela, R., 2018. Heat waves in Finland: present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 38: 1393–1408.

Pääsääntöisesti kevättulvat pienentyvät, mutta talvitulvat yleistyvät. Pohjois-Suomessa muutokset ovat kuitenkin vähäisiä, koska siellä lämpeneminen ei uhkaa talvista lumipeitettä.

Maaperän kosteus ja lämpötila

Suomessa sadanta ylittää haihdunnan vuositasolla koko maassa ja pitkittyneet kuivuusjaksot ovat melko harvinaisia. Lämpötilan nousu kiihdyttää haihduntaa, eikä ennusteiden mukaan kasvava sademäärä riitä kokonaisuudessaan kompensoimaan tästä aiheutuvaa maaperän kuivumista. Kuivuuden ennakoitaankin meillä jonkin verran lisääntyvän. Maaperän kuivumisen ennakoitaan yleistyvän kaikkina vuodenaikoina, eniten keväällä ja Pohjois-Suomessa myös kesällä. Maaperän kasvukauden aikainen kuivuminen vaikuttaa metsäpaloriskiin, mutta tämän ei oleteta kasvavan maaperän kuivumisen takia vielä lähimpinä vuosikymmeninä.

Maaperän ylimmän 10 cm:n maakerroksen kosteussisällön pienenevän kesällä ja syksyllä noin 1–2 prosenttiyksikköä, joten tämän mukaan maaperän kosteuden muutokset ovat maltillisia. Eniten maaperä kuivuu huhti-toukokuussa, mikä johtuu pitkälti lumen sulamisen aikaistumisesta. Kevättalven kuukausina helmi-maaliskuussa maaperän kosteussisältö näyttäisi puolestaan hiukan kasvavan. Lämpenemisen seurauksena talvipuolella vuotta entistä suurempi osuus sateesta tulee vetenä.

Keskimääräisen maaperän vuosittaisen lämpötilan on todettu vaihtelevan 50 cm syvyydellä 1,9 (Utsjoki) - 6,4 (Anjala) °C välillä⁷⁰. Vastaava kesän keskimääräinen maaperän lämpötila on todettu vaihtelevan 6,2–3,7 °C välillä. Keskimääräisen maaperän vuosittaisen lämpötilan on todettu olevan 2–5 °C korkeampia kuin samoilta paikoilta mitattujen ilman vastaavien lämpötilojen. Eron on todettu olevan suurempi pohjoisessa. Tähän vaikuttaa lumipeiteaika, koska se eristää maaperää kylmältä. Turve- mailla on yleisesti kivennäismaita alhaisemmat maaperän lämpötilat. Etelä- ja länsisuuntaisilla rinne-alueilla, joille tulee paljon lämpösäteilyä, voi maaperän keskimääräiset lämpötilat nousta. Maaperän lämpötilojen nousemiseen voi vaikuttaa myös maalaji. Karkeat maat johtavat hienolajitteisia tai orgaanisia maita paremmin lämpöä, jolloin niiden maa on myös lämpimämpää.

Myrskyt ja rajuilmat

Matalapainemyrskyt ja kesäiset ukkosrajuilmat ovat merkittävimpiä metsätuhoja Suomessa aiheuttavia sääilmiöitä. Usein vain yksi tai enintään muutama myrsky aiheuttaa merkittävän osan tietyn alueen pitkän aikavälin myrskytuhoista. Suuret metsätuhot aiheuttava myrsky on meillä ilmastomuutoksesta riippumatta täysin mahdollinen. Suomen alueella kovien tuulten voimakkuuksissa ei kuitenkaan näyttäisi tapahtuvan suuria muutoksia. Talvella ja Pohjois-Suomessa myös keväällä kovat tuulet näyttäisivät hieman heikentyvän. Eri ilmastomuutosmallien antamat tulokset tuulten nopeuksien muutoksista kuitenkin poikkeavat merkittävästi toisistaan. Ukkosille ja kesäisille rajuilmoille suotuisat olosuhteet näyttäisivät ilmastomallitulosten perusteella yleistyvän.

Ilmastomuutosmallit ovat melko yksimielisiä auringonsäteilyn vähenemisestä talvella ja Etelä-Suomessa myös paisteen lisääntymisestä kesällä. Jonkin verran eri mallien antamat tulokset kuitenkin poikkeavat toisistaan. Yhteenvetona voisi sanoa, että talvella auringonsäteilyn määrä joko pysyy likimain ennallaan tai vähenee hieman ja kesällä se joko pysyy likimain ennallaan tai kasvaa hieman.

⁷⁰ Yli-Halla, M., ja Mokma, D. 1998. Soil temperature regimes in Finland. *Agricultural and Food Science*, 7(4), 507-512.

Routa ja maan kantavuus talvella

Ilman lämpötila ja lumipeite sekä muun muassa maaperän kosteus vaikuttavat oleellisesti maan routaantumiseen. Talvien lauhtuessa roudan syvyyden ennakoidaan pienenevän ja maan olevan roudassa keskimäärin aiempaa lyhyemmän ajan. Kivennäismailla routaisen maan ajan keston arvioidaan lyhenevän noin kuukaudella siirryttäessä jaksosta 1981–2010 jaksoon 2021–2050. RCP4.5-skenaarion toteutuessa routakausi lyhenisi vuosisadan loppuun mennessä vielä toisella kuukaudella. Turve- mailla routa ei yleensä ulotu kovin syvälle ja vuosisadan lopulla ei tulosten mukaan maan etelä- ja keskiosissa turvapohjaisilla mailla kantavaa routaa olisi useimpina talvina juuri lainkaan.

Etenkin huonosti kantavilla kohteilla roudan väheneminen voi siten muodostua merkittäväksi ongelmaksi puunkorjuun näkökulmasta. Lisäksi talviaikaisten kelirikkoilanteiden arvioidaan yleistyvän alemmalla tieverkolla. Roudan väheneminen ja myös maaperän kosteussisällön kasvaminen syystalvella voivat lisätä myös myrskytuhoja, vaikka myrskyjen esiintyminen ei suuresti muuttuisikaan. Toki nykyäänkin suuri osa Etelä- ja Länsi-Suomen syystalven myrskyistä esiintyy sulan maan aikana.

Lumen kertymä puiden oksille ja lumituhojen mahdollisuus

Lumen aiheuttamat vauriot ovat tuulituhojen ohella yleisimpiä metsissämme esiintyviä sään aiheuttamia puustovaurioita. Lumituhojen esiintyminen on hyvin riippuvaista paikallisista maastonmuodoista, sillä ympäristöään korkeammilla maastonkohdilla olevat metsät keräävät suurimmat lumikuormat.

Altteimpia lumituhoilta ovat runsaasti tykkyä keräävät Itä- ja Pohjois-Suomen vaarojen lakiosien metsät. Suomessa lumituhoja esiintyy eniten metsissä, jotka sijaitsevat yli 300 metrin korkeudessa merenpinnasta. Lumituhot alkavat kuitenkin yleistyä jo yli 100 metrin korkeudessa sijaitsevista metsistä. Lisäksi oleellista on maaston suhteellinen korkeus ympäristöön verrattuna. Ilmaston lämpenemisen seurauksena talven keskimäärin suurimpien lumikuormien puiden oksilla ennakoidaan kasvavan Pohjois-Karjalan ja Kainuun vaaraseuduilta Lappiin ulottuvalla alueella, kun taas Etelä- ja Länsi-Suomessa raskaat puiden lumikuormat kevenevät.

Metsäpalovaara

Metsäpalojen määrä Suomessa vaihtelee vuosien välillä paljon. Sääolosuhteiden vaihtelut selittävät valtaosan palojen esiintymisen vaihtelusta, vaikka suurin osa metsäpaloista onkin seurausta ihmistoiminnasta. Vaikeimpia metsäpalokesiä ovat lämpimät ja kuivat kesät. Metsäpalojen sammuttaminen on Suomessa ollut viime vuosikymmeninä erittäin tehokasta ja palojen merkitys metsätalouden kannalta on siten melko vähäinen, mutta luonnon monimuotoisuuden suojelemisen näkökulmasta liiankin tehokasta.

Maaperän kosteussisällön ennustettu pieneneminen kesällä johtaa metsäpalovaaran kasvuun. Suurehkojen, yli 10 hehtaarin laajuisten, metsäpalojen lukumäärä voisi kuluva vuosisadan aikana Suomessa jopa kaksin-kolminkertaistua. Tähän mennessä tapahtuneen ilmaston lämpenemisen ei ole havaittu muuttaneen merkittävästi metsäpalojen riskiä Suomessa. Metsäpalojen sammuttaminen on oleellisesti sitä helpompaa mitä nopeammin palot kyetään sammuttamaan niiden syttyttyä. Vaikka metsäpalojen merkitys onkin metsätaloudelle Suomessa melko vähäinen, aiheuttavat metsäpalot kuitenkin taloudellisia menetyksiä. Erityisen paljon metsäkonetöissä paloja syttyy kivisessä maastossa.

Metsäkonetöistä pidättäytyminen kuivimpaan aikaan kesällä voisi siis tehokkaasti ehkäistä metsäpalojen syttymistä.

Auringonsäteily ja albedo

Joidenkin ennusteiden mukaan pilvisuus saattaa lisääntyä marraskuun ja maaliskuun välisenä aikana, joka voi vähentää auringonsäteilyn määrää. Sitä vastoin kesällä paisteen ennakoidaan hieman lisääntyvän, etenkin maamme eteläosissa. Eniten paisteen ennustetaan lisääntyvän elo-syyskuussa. Ilmastomuutosmallit ovat melko yksimielisiä auringonsäteilyn vähenemisestä talvella ja Etelä-Suomessa myös paisteen lisääntymisestä kesällä. Yhteenvetona voisi sanoa, että talvella auringonsäteilyn määrä joko pysyy likimain ennallaan tai vähenee hieman ja kesällä se joko pysyy likimain ennallaan tai kasvaa hieman.

Saapuvasta auringonsäteilyn energiasta osa heijastuu maan pinnalta takaisin avaruuteen. Tätä heijastuvan säteilyn osuutta kuvaa pinnan albedo. Metsän albedo vaihtelee muun muassa puulajin, metsän rakenteen ja lumipeitteen mukaan. Tarkasteltaessa metsien merkitystä ilmastomuutoksen torjunnassa, on kokonaiskuvan muodostamiseksi tärkeää huomioida myös metsien vaikutus pinnan albedoon.

Suomen oloissa kuusimetsien albedo on yleensä kaikkein pienin, mäntymetsien vähän suurempi ja lehtimetsien suurin. Lumipeite kasvattaa metsien albedoa, mutta ei kuitenkaan yhtä paljon kuin avoimien alueiden albedoa. Kevättalvella tummat metsät imevätkin itseensä merkittävästi enemmän auringonsäteilyä kuin lumen peittämät avomaat. Kasvukauden aikana metsien albedo vaihtelee vain vähän, joskin lehtimetsissä puiden lehteen tulo hieman kasvattaa albedoa. Havumetsien albedo pienenee metsien ikääntyessä. On arvioitu, että lähinnä korkeilla leveysasteilla metsittymisen nettovaikutus voi olla pikemminkin ilmastomuutosta kiihdyttävä kuin hidastava. 1980-luvun alusta eteenpäin Suomen metsien puuston tilavuus on kasvanut lähes 50 %, vaikka metsäpinta-ala on pysynyt lähes ennallaan. Metsiemme albedon on todettu kesäisin kasvaneen kuitenkin vain aavistuksenomaisesti. Etelä-Lapin, Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Pohjois-Karjalan metsät ovat lisäksi muuttuneet tummemmiksi juuri ennen lumien sulamista, mikä voi johtua puuston runkotilavuuden kasvusta. Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että puuston tilavuuden kasvulla on viime vuosikymmeninä ollut vain vähäinen vaikutus metsiemme albedoon.

On arvioitu ⁷¹, miten hiilen sidonnan maksimointiin tähtäävä metsänhoito ja toisaalta ilmaston lämpenemisen hillinnän maksimointiin tähtäävä metsänhoito poikkeaisivat eri Euroopan alueilla perinteisestä metsänhoidosta. Tulosten mukaan hiilen sidonnan maksimointiin tähtäävä metsänhoito edellyttäisi Pohjois-Euroopassa hoitamattomien metsien määrän kolminkertaistamista ja lehtimetsien osuuden hienoista lisäämistä. Sen sijaan, jos tavoitteena olisi metsänhoidon avulla hillitä ilmaston lämpenemistä, pitäisi puolet talousmetsistä korvata lehtipuutaimikoilla.

Ydinasiat ilmaston muuttumisesta Suomessa metsänhoidon näkökulmasta

- Selkein piirre ilmastomuutoksessa Suomessa on lämpötilojen kohoaminen, joka näkyy voimakkaimmin Pohjois-Suomessa ja talviaikoina

⁷¹ Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A., Chen, Y.-Y., Njakou Djomo, S., Ryder, J., Otto, J., Naudts, K., Lansø, A. S., Ghattas, J. ja McGrath, M. J., 2018. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature*, 562: 259–262.

- Sademäärien ennakoidaan kasvavan jonkin verran ja muutokset ovat suurimpia maan pohjoisosissa ja talviaikaan
- Kasvava haihdunta lisää maaperän kuivumista kaikkina vuodenaikoina, eniten keväällä
- Suomen alueella kovien tuulten voimakkuuksissa ei kuitenkaan näyttäisi tapahtuvan suuria muutoksia
- Talven keskimäärin suurimpien lumikuormien puiden oksilla ennakoidaan kasvavan Pohjois-Karjalan ja Kainuun vaaraseuduilta Lappiin ulottuvalla alueella, kun taas Etelä- ja Länsi-Suomessa raskaat puiden lumikuormat kevenevät
- Roudan syvyyden ennakoidaan pienenevän ja maan olevan roudassa keskimäärin aiempaa lyhyemmän ajan
- Maaperän kosteussisällön ennustettu pieneneminen kesällä johtaa metsäpalovaaran kasvuun
- Puuston tilavuuden kasvulla on viime vuosikymmeninä ollut vain vähäinen vaikutus metsiemme albedoon

❖ **Keskeiset muutostarpeet nykyisiin suosituksiin**

- Kuvataan maaperän kosteuden ja lämpötilaolojen muutokset, sekä tämän vaikutuksia metsiin.
- Päivitetään suosituksissa jo oleva teksti ja kuvat ilmastonmuutoksesta vastaamaan Ilmatieteen laitoksen uusinta raporttia
- Päivitetään tietolaatikko oletetuista ilmastonmuutoksen vaikutuksista.

Seuraavia teemoja on jo käsitelty suosituksissa

- RCP yleinen kuvaus

4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

Ilmastonmuutoksella on selkeä vaikutus Suomen metsiin ja onkin arvioitu, että reilu kolmannes kangasmetsien kasvun lisääntymisestä johtuu ympäristötekijöistä, kuten ilmaston lämpenemisestä ⁷². Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin voivat olla sekä positiivisia, että negatiivisia. Esimerkkejä vaikutuksista on esitetty kuvassa 9⁷³.

⁷² Henttonen, H, Nöjd, P. & Mäkinen, H. 2017. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory. Forest Ecology and Management. 386,22-36.

⁷³ viitattu 17.11.2020 <https://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2019/11/Ilmastoviisas-mets%C3%A4nhoito-nettiin.pdf>.



Kuva 9. Miten ilmastomuutos vaikuttaa metsiin ja metsänhoitoon⁷⁴.

Suomen metsien kasvu on lisääntynyt ja sen myös ennustetaan suurenevan tulevina vuosina lämpenevän ilmaston kohoavan hiilidioksidipitoisuuden seurauksena (Liite 6). Tutkimuksissa on myös todettu, että ilmaston lämpeneminen ei välttämättä lisää puiden maanpäällistä kasvua pitkäaikaisesti, mikäli metsämaan ravinteisuus sitä rajoittaa⁷⁵. Ilmastomuutoksen vaikutukset metsiin riippuvat lopullisen muutoksen suuruudesta, jota voi olla hankala ennustaa. Ilmastomuutoksen lisäksi vaikutusten suuntaan vaikuttaa valitut sopeutumisen ja hillinnän keinot.

Suomen metsien kannalta todennäköisin ilmastomuutosvaihtoehto lienee sellainen, missä lyhyemmän aikavälin tarkastelussa (RCP4.5, tarkastelujakso vuoteen 2040 saakka) männyn ja koivun kasvu hyötyy jonkin verran ilmastomuutoksesta Pohjois-Suomessa (kuva 10). Pidemmällä aikavälillä (tarkastelujakso vuoteen 2070 saakka) männyn kasvun odotetaan lisääntyvän voimakkaasti Pohjois-Suomessa. Ylipäättänsä ilmastomuutokseen liittyvän, lisääntyvän metsien kasvun on arvioitu olevan suurempi maan pohjoisosissa. Erityisesti koivun kasvu tulee voimakkaasti lisääntymään koko maassa (Liite 6).

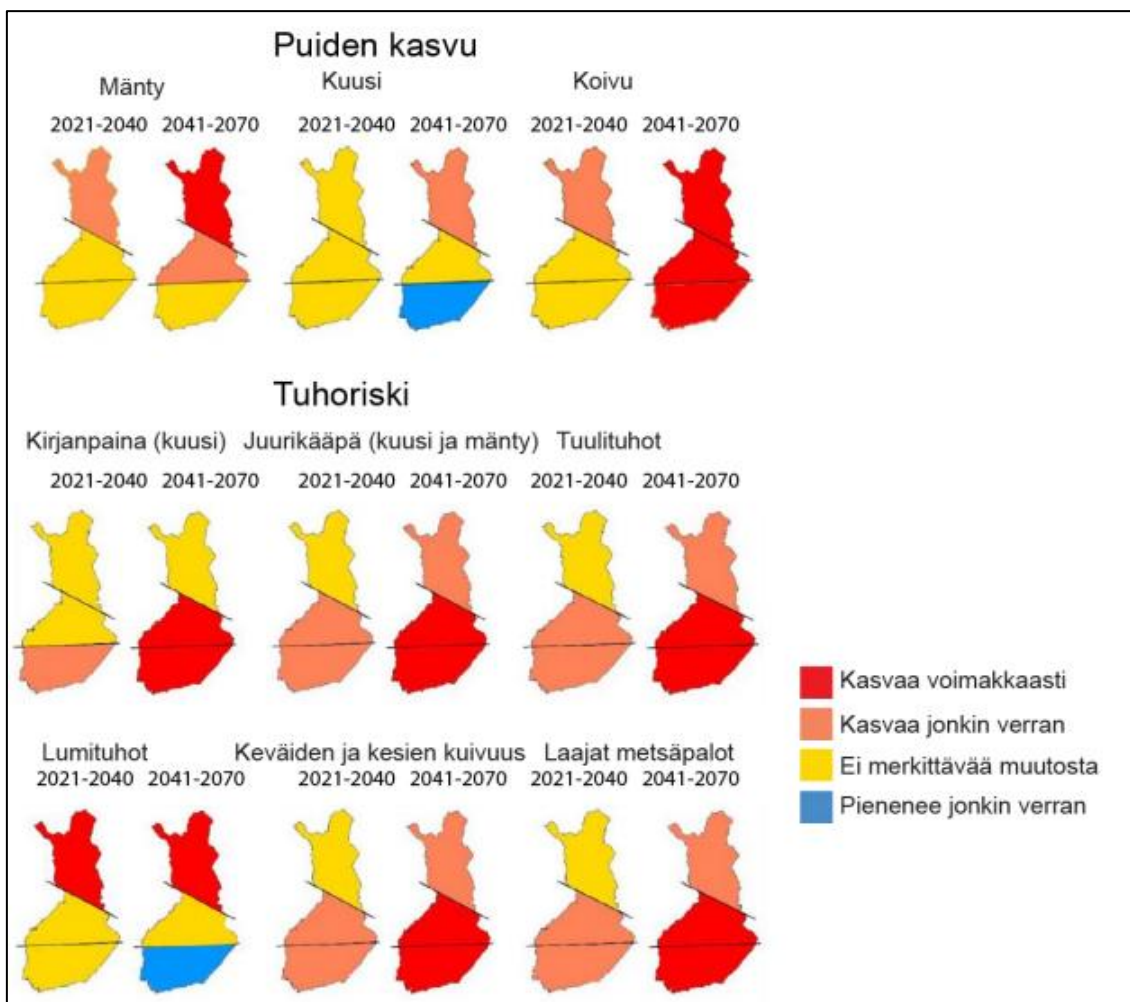
Koivun lisäksi puulajivalikoimaa on mahdollista lisätä myös muilla kotimaisilla lehtipuilla, koska lämpeneminen suosii niiden selviytymistä ja kasvun lisääntymistä. Suomea ilmastollisesti vastaavilla

⁷⁴ viitattu 17.11.2020 mukaillen lähdettä <https://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2019/11/Ilmastoviisas-mets%C3%A4nhoito-nettiin.pdf>.

⁷⁵ Leppälammil-Kujansuu J. (2014). Norway spruce fine root dynamics and carbon input into soil in relation to environmental factors.

alueilla kasvaa runsaasti ulkolaisia havupuita, jotka voisivat menestyä ilmaston muuttuessa myös Suomessa⁷⁶.

Kuusen kasvu ei ennusteta merkittävää muutosta vuoteen 2040 mennessä. Pidemmällä aikavälillä kuusen kasvun ennustetaan heikentyvän Etelä-Suomen alueella ja Pohjois-Suomessa kasvun odotetaan hieman parantuvan (Liite 6).



Kuva 10. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia puiden kasvuun ja tuhoriskeihin (Liite 6).

Kuusen kasvun oletetaan heikkenevän erityisesti alueilla, joilla kuusta istutetaan väärille kasvupaikoille. Tutkijatyöpajoissa tällaisiksi kasvupaikoiksi kuusen kasvattamisen osalta arvioitiin kuivahkot kankaat (VT). Maaperän kuivumiseen liittyvät riskit kuusen osalta voivat kasvaa myös tuoreen kankaan kasvupaikoilla, mikäli niiden maaperä koostuu normaalia suuremmasta karkeampien maalajitteiden osuudesta. Tästä syystä maaperän ominaisuuksiin tulee kiinnittää yhä enemmän huomiota erityisesti kuusta istuttaessa alueilla, joilla kuivuuden oletetaan lisääntyvän.

⁷⁶ viitattu 10.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/puulajit/>

Erityisesti kuusen osalta tulee huomioida, että positiivinen kehitys voi ainakin osittain jäädä toteutumatta lisääntyvien abioottisten ja bioottisten metsätuhojen takia. Näiden tuhojen ennustetussa esiintymisessä on osittain alueellisia eroja ja Suomen sisällä tuhojen esiintymistodennäköisyydet voivatkin vaihdella vähentyen tai kasvaen.

Ilmatieteen laitoksen raportissa kuvataan skenaariona ilmastonmuutoksen aiheuttama metsien kasvulle haitallinen tapahtumaketju. Ketju on kuvattu alun perin tieteellisessä artikkelissa ⁷⁷.

1. Voimakkaan myrskyn seurauksena syntyy paljon tuulituhoja.

- Karkeasti arvioiden noin kerran 10 vuodessa Suomessa esiintyy tuulen nopeuksia, joiden seurauksena syntyy suuruusluokaltaan 2–3 miljoonan kuutiometrin tuhot. Roudan vähentyessä talvimyrskyjen aiheuttamien tuhojen määrän arvioidaan kasvavan. Roudattomuus myös vaikeuttaa myrskyn vaurioittamien puiden korjuuta metsistä.

2. Suuri määrä kaatunutta ja vaurioitunutta tuoretta havupuuta jää metsiin korjaamatta kesän ylitse ja altistuu hyönteistuholaisille sekä lahottajasienille.

- Puun jalostusarvo heikkenee koska se ei kelpaa tukiksi, vaikka saataisiinkin korjattua myöhemmin.

3. Seuraa laajasta tuhoja aiheuttava kirjanpainaepidemia.

- Kaarnakuoriaisiin lukeutuva kirjanpainaja (*Ips typographus*) voi tuottaa kaksi sukupolvea kesän aikana, jos kesän lämpösumma ylittää 1500 astepäivää. Tällaisten kesien todennäköisyys on ollut pieni, mutta jo tämän vuosisadan puolivälissä se on suhteellisen maltillisen RCP4.5-skenaarionkin mukaan Etelä-Suomessa yli 80 %, Keski-Suomessa yli 50 % ja Pohjois-Suomessa 20–30 %.
- Kesien yleistyvä kuivuus altistaa etenkin kuusimetsiä kirjanpainajatuhoille, ja jos metsissä on edeltäneen myrskyn jäljiltä jo runsaasti vioittuneita puita, seurauksena ovat ihanteelliset olosuhteet kirjanpainajan massaesiintymiselle ja runsaille tuhoille.

Venäläisen et al. (2020) esittämän arvion mukaan ilmastonmuutos tulee moninkertaistamaan tällaisen tapahtumaketjun esiintymisen mahdollisuuden.

Metsien kasvuun ja hiilen sidontaan vaikuttavat ympäristötekijät

Puuston kasvuun ja sitä kautta puuston ja maaperän hiilensidontaan vaikuttaa useat ympäristötekijät. Puuston kasvu ja metsäekosysteemin hiilensidonta pohjautuu puiden sopeutumiskykyyn vaihtelevissa ympäristöoloissa, kuten vuodenaikaisvaihteluihin, kykyyn kestää sään ääri-ilmiöitä puiden pitkän elinkaaren aikana ja kykyyn sopeutua ympäristöoloissa tapahtuviin pitkän ajan muutostrendeihin. Puiden vuosisyklin säätely, ja syklin aikana tapahtuvien ilmiöiden ajoittuminen, luovat pohjan hyvälle kasvulle (Liite 7).

Puuston sopeutumisen kannalta tärkeimpiä ympäristötekijöitä ovat ilman ja maan lämpötilassa, valaistuksessa, fotoperiodissa ja maan kosteudessa tapahtuvat ajalliset muutokset. Metsämaaperän ominaisuudet, kuten ravinteisuus, vedenpidätyskyky ja huokoisuus vaikuttavat oleellisesti puiden kasvuun. Kasvukauden pidentyminen ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen potentiaalisesti lisäävät puiden kasvua. Nykyisten ennusteiden mukaan kesäaikaisen lämpenemisen lisäksi

⁷⁷ Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P., ja Peltola, H., 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: a literature review. *Global Change Biology*, 8: 4178–4196.

lämpötilat kasvavat merkittävästi talvella. Sään ääri-ilmiöiden, kuten kesäaikaisen kuivuuden ja myös voimakkaiden sateiden on ennustettu lisääntyvän (Liite 7).

Talviaikaiset muutokset, kuten lumipeitteen oheneminen, maanpinnan jäätymis-sulamissykliin lisääntyminen ja talvitulvien lisääntyminen vaikuttavat myös metsäekosysteemien toimintaan. Maaperän lisääntyvät lyhytaikaiset kuivumis-vettymis- ja jäätymis-sulamissyklit⁷⁸ saattavat lisätä hetkittäisiä kasvihuonekaasupäästöjä, mutta vaikutussuunnista ja voimakkuuksista ei ole tarkkaa tieteellistä näyttöä.

Liian varhaiseen kasvukauden käynnistymiseen liittyy pakkasvaurioriskin mahdollisuus. Lumipeitteellä on useita merkityksiä; se on tehokas lämmön eriste, se heijastaa maahan tulevaa auringonsäteilyä takaisin ilmakehään, vaikuttaa maanpinnan ja maan lämpö- ja kosteusoloihin ja siten pintakasvillisuuden ja juurten kasvuympäristöön. Lumipeite tasaa lämpötilojen vaihtelua ja auttaa pienten taimien selviytymistä, koska taimet ovat alttiita lämpötilavaihteluille, jäätymis-sulamissykleille ja auringon säteilyn aiheuttamalle kuivumiselle erityisesti kevättalvella. Lumipeite suojaa myös pintajuuristen puiden, kuten kuusen, juuria talvipakkasilla ja sen puute johtaa roudan lisääntymiseen, joka voi heikentää juurten ja sitä kautta puun kasvua. Lumeton metsämaa sitoo tehokkaammin auringon säteilyn nopeuttaen maan lämpenemistä. Lumen hidas sulaminen keväällä taas lisää maan kosteutta, joka on kasvukauden käynnistymisen kannalta tärkeää (Liite 7).

Maan lämpötilan lisäksi metsämaan vesipitoisuus liittyy olennaisesti puiden kasvuun ja liika kuivuus tai märkyys heikentää puiden kasvua. Kasvupaikan maan rakenne, maalajisuhteet ja hienoainespitoisuus vaikuttaa maan vedenpidätysominaisuuksiin. Tämä tulee ottaa huomioon varsinkin pintajuurisen kuusen istutuskohteiden kohdalla, koska kuusi on mättyä herkempi kuivuudelle. Kuivuuden heikentämät puut ovat myös heikompia bioottisia tuhoja vastaan. Koivulla on havupuita parempi mahdollisuus selvitä kuivuudesta, koska se voi varistaa lehtensä ja sillä tavoin selvitä stressitilanteesta. Havupuille neulasten variseminen kuivuuden seurauksena voi olla kohtalokasta. Suomen oloissa sadanta ylittää puiden ja metsämaan kautta tapahtuvan haihdunnan, mutta ilmastonmuutoksen tuoma mahdollinen vaikutus sademäärin ja haihduntaan voi muuttaa tilannetta pintajuuristen kuusien kannalta heikompaan suuntaan. (Liite 7).

Talviaikaisen sadannan on ennustettu lisääntyvän ilmastonmuutoksen seurauksena, mutta sen olo-
muotojen esiintymistä on vaikea ennustaa. Puihin kertyvä lumi ja jää aiheuttaa yleensä paikallisia, mutta tapahtuessaan huomattavia tuhoja. Vetenä tapahtuva talvisadanta ja talvitulvat eivät ole suuri riski puuston kasvulle. Sulamis-jäätymissyklit lisäävät jääkerroksen muodostumista maan pinnalle ja voi haitata erityisesti pienten taimien selviytymistä. Myöskään yleisesti lyhytaikaiset kevättulvat eivät ole suuri uhka puiden kasvulle vaikutus. Poikkeuksena on hienojakoiset kivennäismaat, joilla maan-kosteus voi säilyä korkealla pitemmän aikaa ja haitata juurten toimintaa ja puiden kasvua. Roudan esiintymistä vaikuttaa puuston kasvuun ja sen alueellisiin eroihin. Ohut lumipeite lisää roudan määrää ja näin ollen heikentää puiden kasvua. Roudan määrän ennustetaan vähenevän etenkin alueilla, joilla routaa esiintyy suojaavan lumipeitteen vähäisyyden vuoksi nykyilmastossa merkittävästi. Koska lumirajan ennustetaan siirtyvän, voi roudan esiintyminen lisääntyä sellaisilla alueilla, joilla sitä

⁷⁸ Kim DG, Vargas R, Bond-Lamberty B, Turetsky MR. 2012. Effects of soil rewetting and thawing on soil gas fluxes: a review of current literature and suggestions for future research. *Biogeosciences* 9:2459–2483.

esiintyy tällä hetkellä vähän. Näillä alueilla roudan osuus yhtenä puusto kasvua rajoittavana tekijänä tulee lisääntymään. (Liite 7).

Juuristovaikutukset

Ilmastonmuutoksen vaikutukset maaperän juuriston toimintaan tunnetaan heikosti. Metsien maan-alaisen karikkeen tuotos on kuitenkin maanpäällisen kariketuotannon ohelle tärkeä osa metsien hiilenkiertoa. Maanpäällisen ja maanalaisen kariketuotannon suhteiden muutos maaperän ympäristökijöiden muuttuessa voi vaikuttaa maaperän hiilivarastoon ja sen pitkäaikaiseen pysyvyyteen⁷⁹. Useat ympäristötekijät (esim. maan kosteus, lämpötila, huokoisuus, ravinteisuus) vaikuttavat ensisijaisesti puiden juuriin ja niiden kautta vahvan vuorovaikutuksen kautta myös maanpäällisten osien toimintaan (Liite 7), joista maan kosteus ja lämpötila muuttuvat ilmastonmuutoksen myötä. Esimerkiksi maaperän lämpötilan kohottamisen on todettu lisäävän hienojuurten kariketuotosta⁸⁰, joka osaltaan vaikuttaa maaperän hiilen määrään.

Juuret tarvitsevat toimiakseen happea, joten tulevaisuudessa jollain kasvupaikoilla lisääntyvä märkyys voi aiheuttaa maan happivajeen, kun maan ilmahuokokset täyttyvät vedellä ja maan happipitoisuus laskee. Näin ollen juurten energian saanti heikkenee ja niiden toimintaa vaikeutuu. Liikakosteudesta aiheutuvia ongelmia voi tulla turvemaidella, joilla pohjavesi nousee juurten kasvukerrokseen, samoin hienojakoisilla kivennäismailla. (Liite 7).

Mikrobitoiminta ja maaperäeläimet

Ilmastonmuutos voi kasvattaa eloperäisen aineksen hajotusta eli mineralisaatiota, koska kasvava lämpötila⁸¹ ja kosteus^{82, 83} stimuloivat mikrobitoimintaa. Toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttama kuivuus voi päinvastoin heikentää mikrobien toimintaa, ja vaikutuksen voisi olettaa olevan riippuvainen kuivuusjakson kestosta. Kun karike alkaa lopulta hajoamaan, siitä liukenee maaperään orgaanisia yhdisteitä hajotusprosessin meneillään olevan vaiheen mukaan. Osa hajotettavan kasvimateriaalin hiilestä siirtyy myös ilmakehään hiilidioksidipäästöinä, eikä siis kerrytä metsäekosysteemin hiilivarastoa.

Maaperän kosteuden ja lämpötilan vaikutus mikrobitoimintaan on yhteydessä myös typen kierron prosesseihin. Maamikrobit pystyvät tuottamaan maaperän tyyppästä elintoiminnoissaan typpioksiduulia. Mikrobien typpioksiduulituotanto kiihtyy, kun maaperän typen saatavuus lisääntyy. Typen nopeampi mineralisaatio ja vapautuminen on yhteydessä metsien kasvuun ja näin ollen myös metsäekosysteemin kykyyn sitoa hiiltä. Mikäli typen häviöt metsämaasta kasvavat, kasvavalle puustolle on käytössä vähemmän tyyppä. Tällä on merkitystä, koska tyyppi on suomalaisten metsien kasvua rajoittava ravinne.⁸⁴

⁷⁹ Leppälammil-Kujansuu J. 2014. Norway spruce fine root dynamics and carbon input into soil in relation to environmental factors.

⁸⁰ Leppälammil-Kujansuu J. (2014). Norway spruce fine root dynamics and carbon input into soil in relation to environmental factors.

⁸¹ Brady NC, Weil RR, 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th ed. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.

⁸² Paul EA, Clark FE, 1996. Soil microbiology and biochemistry. 2nd ed. San Diego, USA: Academic Press.

⁸³ Borken W, Matzner E, 2009. Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. Global change Biology 15, 808-824.

⁸⁴ Belyazid, U., and Belyazid, S. 2013. Effects of climate change, nitrogen fertilization, whole-tree harvesting and stump harvesting on boreal forest ecosystems - A review of current knowledge and an evaluation of how these factors may influence the possibilities to reach the Swedish environmental objectives. Belyazid Consulting and Communication AB.

Maaperän makrofaunan runsaus ja biologinen monimuotoisuus, lajien piirteet ja vuorovaikutukset oletetaan olevan tärkeässä asemassa maaperän hiilenkiertoon⁸⁵, vaikkakin tutkimustieto maaperän faunan vaikutuksesta eri aikaväleillä hiilenkiertoon ja ilmastomuutoksen vaikutukset makrofaunaan ovat huonosti tunnettu⁸⁶.

Ydinasiat ilmastomuutoksen vaikutuksista metsiin

- Ilmastomuutos vaikuttaa puuston kasvuun lämpötilojen, säteilyn ja veden saatavuuden muutosten kautta. Lämpeneminen, erityisesti yhdessä kohonneen hiilidioksidin kanssa, lisää puiden kasvua.
- Yleisesti Suomen metsien kasvun odotetaan voimistuvan ilmastomuutoksen myötä.
 - Kuusen kasvu tulee heikentymään Etelä-Suomessa (kuivuus, tuhot).
 - Männyn kasvu lisääntyy voimakkaasti Pohjois-Suomessa.
 - Koivun kasvu tulee lisääntymään voimakkaasti koko maassa.
- Aikainen kasvun alkaminen ja myöhäinen kasvun päättyminen lisäävät puiden kasvua ja hiilensidontaa, mutta samalla lisäävät pakkasvaurioriskiä.
- Kasvukauden aikana lisääntyvä kuivuus on erityisesti pintajuuristen puiden kasvun kannalta haitallista, lisää metsäpaloriskiä ja johtaa pitemmällä aikavälillä muutoksiin puulajisuhteissa.
- Vaikeasti ennustettavat jäätymis-sulamis- ja vettymis-kuivumis syklit voivat vaikuttaa paitsi puiden kasvuun, myös kasvihuonekaasujen muodostumiseen.
- Kivennäismaiden kasvihuonekaasujen muodostumiseen tulee kiinnittää huomiota ilmastomuutoksen ja metsänhoitotoimenpiteiden mahdollisten yhteysvaikutusten kautta.
- Metsämaaperän hiilensidontaan vaikuttavista tekijöistä on tiedonpuute, erityisesti juuriston ja maaperäeliöstön osalta.

❖ Keskeiset muutostarpeet nykyisiin suosituksiin

- Suosituksissa tulisi käsitellä ilmastomuutoksen vaikutuksia pääpuulajien kasvuun erikseen kivennäismailla ja turvemailla. Vaikutusten kuvaamisessa tulee huomioida erot lyhyellä (alle 25 vuotta) ja pitkällä (yli 50 vuotta) aikavälillä.
- Suosituksissa tulisi kuvata tarkemmin myös muiden (jalojen) lehtipuiden kasvattamisen hyödyt ja riskit ilmastomuutoksen edetessä.
- Suosituksissa tulisi selkeästi kuvata ilmaston, puuston hiilensidontan ja maaperän hiilensidontan vuorovaikutus sekä metsäekosysteemin hiilenkierto
- Suosituksissa tulisi kuvata ilmaston ja maaperän yhteys kasvihuonekaasujen kehittymisen kautta.
- Suosituksissa tulisi kuvata puustoon kohdistuvien tuhojen vaikutuksia hiilensidontaan ja puustoon varastoituneeseen hiileen.

⁸⁵ Filser, J., Faber, J. H., Tiunov, A. V., Brussaard, L., Frouz, J., De Deyn, G., Uvarov, A. V., Berg, M. P., Lavelle, P., Loreau, M., Wall, D. H., Querner, P., Eijsackers, H., and Jiménez, J. J. 2016. Soil fauna: key to new carbon models, SOIL, 2, 565–582.

⁸⁶ Andren, O., Kätterer, T. and Hyvönen, R. 2001. Projecting soil fauna influence on long-term soil carbon balances from faunal exclusion experiments. Applied Soil Ecology, Volume 18, 177–186.

Seuraavia teemoja on jo käsitelty suosituksissa

- Ilmastomuutoksen vaikutukset metsien kasvuun on kuvattu yleisellä tasolla omassa kappaleessaan, jossa kuvataan
 - Ilmastomuutos ja sen vaikutukset metsiin
 - Suomen metsät ilmastomuutoksessa
 - Metsän uudistaminen muuttuvassa ilmastossa
 - Ilmastomuutoksen oletetut vaikutukset metsien hakkuumahdollisuuksiin
- Ilmastomuutoksen oletetut vaikutukset puuston kasvuun ja hakkuumahdollisuuksiin on esitetty alueittain (kolme aluetta) lähitulevaisuudessa ja myöhemmin
- Myös muita ilmastomuutoksen vaikutuksia metsiin (metsätuho-riskit, maaperän routajakson pituus, vaikutukset puunkorjuuseen, metsänhoitotöiden tarve, ilmastollinen äärevöityminen) on esitetty.

4.5 Metsiä uhkaavat tuhot

Ilmastomuutos lisää riskejä bioottisiin ja abioottisiin tuhoihin sekä niiden yhdysvaikutuksiin Euroopan metsissä. Tuhojen yleistyminen nähdään Suomessa ja Ruotsissa erityisenä boreaalisia havumetsiä uhkaavana tekijänä.

Suomen ilmastopaneelin tuoreen metsätuho-raportin⁸⁷ mukaan ilmaston lämpeneminen voi tuoda Suomeen aiempaa suurempia metsätuhoja. Raportin mukaan eniten tuhoja aiheuttaa tuuli, ja etenkin talvimyrskytuhojen ennakoita kasvavan Suomessa. Ilmastopaneelin arvion mukaan tuho-riskit lisääntyvät tulevana vuosikymmeninä selvästi.

Kuuma ja kuiva kesä lisää hyönteistuhoriskiä, kun kylmä ja sateinen kesä suosii sieniä. Metsien heikentynyt vastustuskyky tuhoja kohtaan pienentää myös niiden kykyä sitoa hiiltä. Metsäpalot ja tuho-hyönteisten metsissä aiheuttamat vahingot lisääntyvät, ja pahimmillaan kova kuivuus voi jopa tappaa puita⁸⁸.

Suomalainen metsätalous hyödyntää vain muutamaa puulajia, joten niihin kohdistuvat tuhot aiheuttavat riskejä koko metsäsektorille. Erityisen tuhoaltis on kuusi, jota uhkaa lisääntyvä kuivuus, myrskyt sekä hyönteis- ja sienituhot. Männy ja koivun kasvatusta sekä muita lehtipuita tulisi tästä syystä suosia nykyistä enemmän. Puuston kasvupaikan abioottiset tekijät ja niiden muutokset vaikuttavat puuston herkkyyteen reagoida bioottisiin tuhoihin (Liite 7).

Metsänomistajan tulisi huolehtia metsiensä kasvukunnosta ja elinvoimasta sekä pyrkiä ennakoiden tunnistamaan metsiä uhkaavat riskit. Näin toimien voidaan turvata metsien kasvu ja samalla hiilensidonta myös tulevaisuudessa. Esimerkiksi Kanadan metsätuhot ovat osoittaneet, että pahimmissa tuhotapauksissa (aiheuttajina mm. vuoristoniluri ja kuusikäriäiset) metsien hiilivarastot voivat

⁸⁷ Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastomuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019. Helsinki. 11 p.

⁸⁸ viitattu 17.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ajankohtaista/uutinen/-/artikkeli/379ff19d-2dc7-45f7-bef3-32b57d3e619a/ilmastonmuutos-kuivattaa-maaperaa-euroopassa.html>.

purkautua osittain ilmakehään ja mitätöidä hyödyllisen hiilen varastoinnin metsiin⁸⁹. Viimeaikaiset suuret hyönteistuhot ja niitä seuranneet rajut metsäpalot ovatkin kääntäneet Kanadan metsät päästölähteiksi. Samansuuntainen kehitys on käynnissä Keski-Euroopassa kuusen kirjanpainajatuhojen seurauksena⁹⁰.

Abioottiset tuhot

Suurimpina ilmastonmuutoksen aiheuttamina haasteina metsätalouden kannalta ovat maaperän kuivuminen, roudattomat talvet ja kovien tuulien yleistyminen. Metsien puulajisuhteiden muutokset vaikuttavat merkittävästi **tuulituhoriskeihin**. Ilmatieteen laitoksen raportissa esitetyn RCP4.5 skenaarion mukaisesti tuulituhon, kevään ja kesän aikaisen kuivuuden sekä laajojen metsäpalojen ennustetaan kasvavan voimakkaasti Etelä- ja Keski-Suomessa, mutta kasvavan jonkin verran myös Pohjois-Suomessa. Voimakas myrsky lisää tuulituhon ja noin kerran 10 vuodessa Suomessa esiintyy tuulen nopeuksia, joiden seurauksena syntyy suuruusluokaltaan 2–3 miljoonan kuutiometrin tuhot⁹¹. Tuulituhon arvioidaan yleistyvän talvimyrskyissä, kun maan routaisuus vähenee. Myös puulaji ja puuston ikä lisää riskiä. On esimerkiksi arvioitu, että vuosina 1986–2004 tuulen vaurioittamien kuusimetsien keski-ikä Etelä-Suomessa oli 86 ja Pohjois-Suomessa 168 vuotta. Koko maan keskiarvo oli 108 vuotta (Liite 6).

Maan roudan paksuuden väheneminen ja lyhentynyt routa-aika tulee vaikeuttamaan puiden korjuuta erityisesti huonosti kantavilla mailla ja aiheuttavan aikaisempaa suurempia korjuuvaurioita metsämaahan.

Kuivuusjaksot nähdään erityisen haitallisina kuusimetsissä ja todennäköisimmät vaikutukset näkyvät Etelä- ja Keski-Suomen kuusimetsissä. Kuivuus lisää myös metsäpalojen riskiä moninkertaisesti. Suomessa palaa melko vähän metsää ja vuosittaiset metsäpaloalat ovat suhteellisen pieniä. Palojen syttymissyynä usein ihmisen toiminta. Mikäli erilaisten tuhojen vioittamat puut lisääntyvät metsissä ja niiden korjuu vaikeutuu, saattaa metsiin kertyvä puuaines lisätä samalla metsäpalariskiä ja palojen leviämistä.

Lumituhojen ennustetaan lisääntyvän voimakkaasti Pohjois-Suomessa, mutta myös Itä-Suomessa, kun niiden esiintymisen odotetaan pienenevän maan lounais- ja eteläosissa. Keski-Suomessa lumituhotilanteen odotetaan pysyvän ennallaan⁹² (Liite 6).

Bioottiset tuhot

Havupuiden tärkeimpiä taudinaiheuttajia ovat juurikäävät, kirjanpainajat, tervasroso ja männyntervosurman aiheuttava surmakka. Koivun yleisimpiin taudinaiheuttajiin kuuluvat koivunruoste ja erilaiset lehtilaikut⁹³. Lämpenevän ilmaston myötä tuhohyönteisten esiintymisedellytykset paranevat

⁸⁹ Walker, X. J., Baltzer, J. L., Cumming, S. G., Day, N. J., Ebert, C., Goetz, S., ... Mack, M. C. 2019. Increasing wildfires threaten historic carbon sink of boreal forest soils. *Nature*, 572, 520–523.

⁹⁰ Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019. Helsinki. 11 p.

⁹¹ Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P. & Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Glob Change Biol.* 2020; 00:1–19.

⁹² Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019. Helsinki. 11 p.

⁹³ <https://www.metsatieteen aikakauskirja.fi/pdf/article6603.pdf>

erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa ja bioottisten metsätuhojen mahdollisuus kasvaa näillä alueilla. Tätä riskiä lisää myös tuuli – ja kuivuustuhojen ennustettu lisääntyminen samoilla alueilla.

Ilmastonmuutos pidentää **juurikäävän** itiöiden tuotanto- ja tartunta-aikaa sekä lisää sienirihmaston kasvunopeutta ja kasvuaikaa. Hakkuiden määrät nousevat itiöintiaikana, joka lisää riskiä leviämiseen. Puiden korjuuvaurioiden lisääntyessä juurikäävän leviäminen helpottuu ja sen aiheuttamat tuhot lisääntyvät. Isojen kantojen lisäksi myös korjuuvauriot ja taimikonhoidon yhteydessä syntyneet pienet kannot voivat aiheuttaa juurikäävän tarttumisen. Kuusen ja männyn juurikäävän ennustetaan lisääntyvän voimakkaasti Etelä- ja Keski-Suomessa, mutta sen odotetaan kasvavan myös Pohjois-Suomessa.

Keski-Euroopassa on kärsitty hyvin laajoista kuusikoiden **kirjanpainajatuhoista**, jotka ovat vaikuttaneet metsätalouteen suuresti. Kirjanpainajan aiheuttamien tuhojen lisääntymiseen vaikuttaa kesän lämpötilojen kasvaminen. Kirjanpainajariskiä lisää kuusien kasvattaminen liian kuivilla kasvupaikoilla, jolloin niiden heikentynyt tila tekee ne alttiimmiksi kirjanpainaja tuhoille.^{94,95} Myös tuulituhot ja korjaamattomat puut altistavat suurillekin kirjanpainajatuhoille. RCP4.5 skenaarion mukaisesti ilmastonlämpenemistä arvioidaan hyötyvän erityisesti kirjanpainajan, jonka esiintymisen kuusella ennustetaan lisääntyvän pitkällä aikavälillä voimakkaasti Etelä- ja Keski-Suomessa. Suurimmat todennäköisyydet kirjanpainajan voimakkaalle esiintymiselle kuusella löydettiin kaupunkimetsissä puille, jotka kasvoivat itään viettävillä, ravinteikkailla kasvupaikoilla (lehto tai lehtomainen kangas) ja joihin liittyi joko kaltevimpia pinnanmuotoja, ohut moreenimaa tai maaperän korkea hiili/typpi suhde⁹⁶.

Pilkkumäntypistiäisen aiheuttaman metsämännyn neulaskadon havaittiin olevan Etelä- ja Itä-Suomessa sijaitsevista talousmetsistä pääosin voimakkaampaa alueilla, joiden maaperätekijät viittasivat korkeampaan ravinteikkouteen (esim. pienempi hiili/typpi suhde ja suurempi hienojen maapartikkelien osuus)⁹⁷.

Myös muut aiemmin harvinaiset tai tuntemattomat tuhohyönteiset ja taudit voivat yleistyä lämpenemisen seurauksena. Näitä ovat **vuoristoniluri**, saarnimetsien tuhonaiheuttaja **saarnensurma**, **mänty-ankeröisen**, **havununna** ja **kiiltokirjanpainaja**⁹⁸.

Edellä mainittuihin bioottisiin tuhoihin verrattuna **sorkkaeläintuhot** ovat helpommin hallittavissa kantojen säätelyllä. Kantojen säätelyyn on kiinnitetty huomiota erityisesti Ruotsissa, jossa sorkkaeläintuhojen on todettu aiheuttavan suuria taloudellisia menetyksiä. Sorkkaeläimet aiheuttavat ongelmia myös Suomessa ja esimerkiksi vuoden 2020 Metsäpolitiikkafoorumissa⁹⁹ arvioitiin, että sorkkaeläintuhot tulevat lisääntymään varsinkin Etelä-Suomessa. Hirvieläinten roolia pidettiin tuhojen kannalta ratkaisevana. Metsien kuusivaltaisuuden lisääntyminen nähtiin liittyvän hirvituhoihin ja

⁹⁴ Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019. Helsinki. 11 p.

⁹⁵ Venäläinen A., Lehtonen I., Laapas M., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P., Peltola H. 2020. Ilmastonmuutos lisää metsätuhojen riskejä Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja 2020-10454. Tieteen tori. 9 s.

⁹⁶ Kosunen M. 2020. Insect and storm disturbance in boreal forests — predisposing site factors and impacts on ecosystem carbon. Dissertations Forestales 300. 48 p.

⁹⁷ Kosunen M. 2020. Insect and storm disturbance in boreal forests — predisposing site factors and impacts on ecosystem carbon. Dissertations Forestales 300. 48 p.

⁹⁸ Økland B, Flø D, Schroeder M, Zach P, Cocos D, Martikainen P, Siitonen J, Mandelshtam MY, Musolin DL, Neuvonen S, Vakula J, Nikolov C, Lindelöw Å, Voolma K. 2019. Range expansion of the small spruce bark beetle Ips amitinus: a newcomer in northern Europe. Agric For Entomol.

⁹⁹ viitattu 26.11.2020 <https://tapio.fi/metsapolitiikkafoorumi/raportit/>.

johtavan muihin tuhoihin. Suuret sorkkaeläinkannat vaikeuttavat oleellisesti sekapuustoisuuden lisäämistä, koska sorkkaeläimet syövät lehtipuiden, mutta myös mäntyjen taimia. Tämän vuoksi kuusen istutus on yleistynyt ja kuusia istutetaan myös kuivuudelle herkille kasvupaikoille. Vaikka sorkkaeläintuhoja ei tulla käsittelemään laajasti suositusten uudistamisessa, on niillä todettu olevan vaikutuksia ilmastokestävän metsänhoidon toimenpiteisiin.

Ydinasiat metsätuhoista muuttuvassa ilmastossa

- Tuuli on yksi merkittävimmistä tuhoja aiheuttavista tekijöistä.
- Ilmastomuutos lisää metsien tuhoriskejä ja tuhojen ketjuttumista.
- Talvien lämpeneminen on merkittävä tuhoriskejä lisäävä tekijä.
- Tulevaisuudessa bioottisten tuhojen osuuden ennustetaan lisääntyvän lämpenemisen myötä.
- Nykyisistä pääpuulajeista kuusi nähdään herkeimpänä ennustetulle tuhoriskin kasvulle.

❖ Keskeiset muutostarpeet nykyisiin suosituksiin

- Kuvattava tarkemmin, millaisissa kohteissa tuhoja todennäköisemmin tulee esiintymään (altistavat tekijät).
- Juurikäävän torjuntaan koskevat suositukset tarkistettava. Tarkasteltavana mm. riskialuekartat ja havupuutaimikoiden taimikonhoidon toteutus.
- Kuvattava tarkemmin, miten tuulen aiheuttamia tuhoja voidaan vähentää mm. toimenpiteiden rajaamisella ja hakkuiden toteutuksella.

Seuraavia teemoja on jo käsitelty suosituksissa

- Sienituhot (juurikääpä, versosurma, männynversoruoste, männyntalvihome, tervasroso)
- Eläintuhot (sorkkaeläimet, myyrä, tukkimiehentäi, ytimennävertäjä, kirjanpainaaja, mäntypistiäinen eli mäntymittari, pilkkumäntypistiäinen, havununna)
- Tuuli- ja lumituhot
- Kuivuus ja metsäpalot
- Tuhoriskien kehittyminen lyhyellä ja pitkällä aikavälillä Suomessa on kuvattu kartoilla

4.6 Ilmastomuutokseen sopeutuminen metsätaloudessa

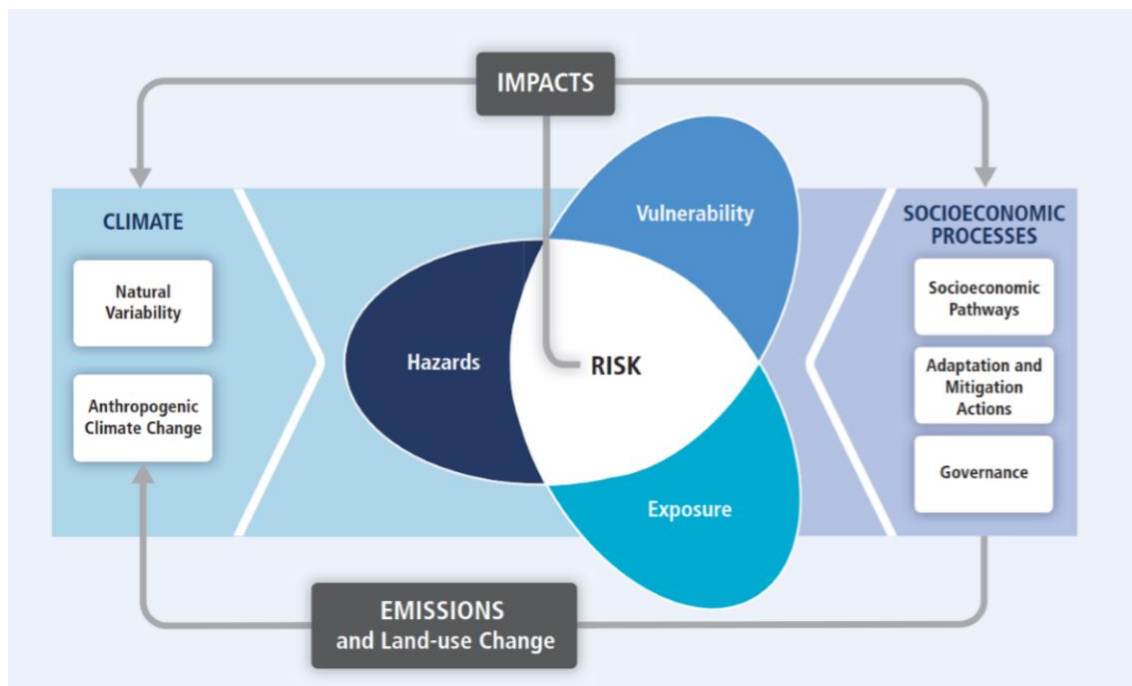
Metsätalouden ilmastomuutoksen sopeutumisen tarpeita on käsitelty nykyisissä metsänhoidon suosituksissa melko kattavasti. Tieto on kuitenkin tarpeellista päivittää sekä käytettäviä metsänhoidon menetelmiä käsitellä laajemmin. Nyt tehdyn tausta-aineiston koonnin perusteella Suomessa on tarve käsitellä ilmastomuutoksen sopeutumista alueellisesti tarkemmin.

Ilmastomuutoksen vaikutuksia metsiin voidaan tarkastella sekä sopeutumisen että hillinnän kautta. Sopeutumistarpeet ovat tulevaisuudessa sitä pienempiä, mitä paremmin kasvihuonekaasupäästöjen hillintä onnistuu. Sopeutuminen ja hillintä ovat linkittyneet toisiinsa ja niihin luettavien toimenpiteiden vaikutukset voivat olla myös ristiriidassa keskenään.

Sopeutumiseen liittyviä kysymyksiä ovat mm. erilaisten ilmaston vaihteluun ja ilmastomuutokseen liittyvien riskien (esim. metsätuhot) vaikutukset metsiin. Sopeutumisen avulla pyritään hyödyntämään myös ilmastomuutoksen tuomista myönteisistä seurauksista, kuten kasvuolojen muuttumisen

myötä lisääntyvä puuston kasvu, paremmat mahdollisuudet luontaiseen uudistumiseen ja mahdollisuuden jalojen lehtipuiden kasvattamiseen.

Metsänhoidon sopeutumista ilmastoriskeihin voidaan käsitellä IPCC:n ilmastoriskin-käsitteen¹⁰⁰ (kuva 11) avulla. Ilmastoriski muodostuu kolmesta ulottuvuudesta 1) ilmaston vaihtelu ja muutos ja niiden vaikutukset (hazards), 2) metsäekosysteemien altistuminen ilmastomuutoksen vaikutuksille (exposure), 3) metsäekosysteemien resistanssi ja resilienssi ja niiden ylläpito metsänhoidon keinoin tavoitteena ekosysteemien haavoittuvuuden vähentäminen (vulnerability).



Kuva 11. Ilmastoriskin kuvaaminen kolmen pääulottuvuuden (hazards = uhkat, exposure = altistuminen ja vulnerability = haavoittuvuus) mukaan¹⁰¹.

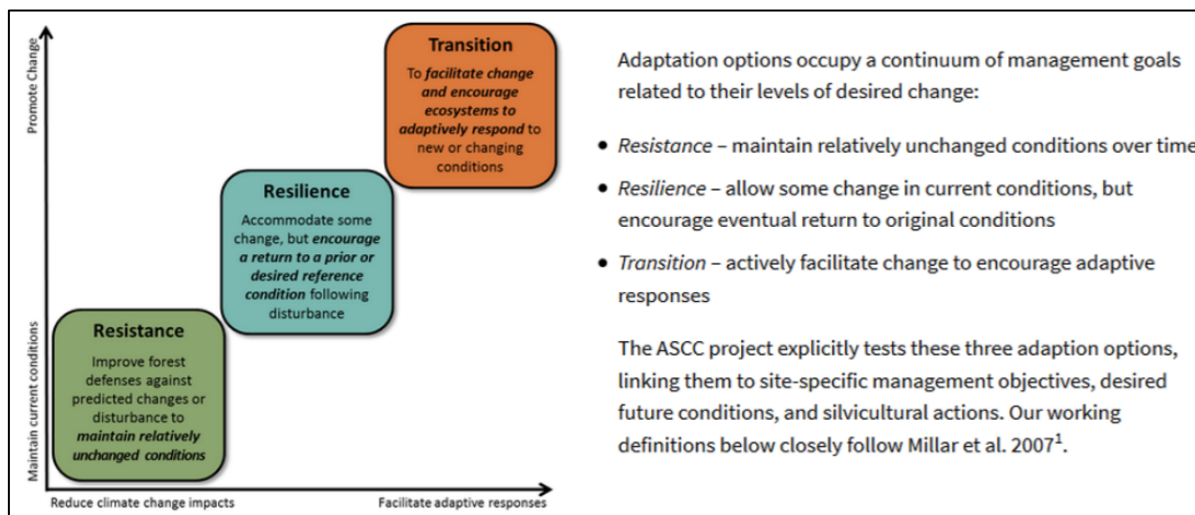
Tämän jaottelun mukaan metsiin kohdistuvia ilmastoriskejä voidaan pienentää ja torjua metsänhoidon toimilla pienentämällä altistumisesta, lisäämällä resistanssia eli vastustuskykyä, ja lisäämällä resilienssiä eli joustavuutta. Näin toimimalla pyritään vähentämään metsäekosysteemin haavoittuvuutta. Lyhyellä aikavälillä tulee suunnitella resistanssia lisääviä toimenpiteitä, kun taas pitkällä aikavälillä tulee tavoitella resistanssin lisäämistä. Ilmastomuutokseen sopeutuvassa metsänhoidossa

¹⁰⁰ IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N.

¹⁰¹ IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N.

huomioidaan metsäekosysteemin muutosten hitaus (esim. puulajikoostumus). Tämän vuoksi toimenpiteillä tulee olla erilainen aikaskaala ja etenemistä vaihteittain ^{102,103,104} (kuva 12).

Ilmaston vaihtelevuuden ja ilmastonmuutoksen vaikutukset havaitaan jo nyt, mutta metsät eivät vielä ole sopeutuneita uuteen tilanteeseen, minkä vuoksi lyhyellä tähtäimellä ilmastoriskien todennäköisyys kasvaa. Kuvassa 12 tämä on ”resistance”, eli nykyisten metsien riskinkestävyyden lisäämistä¹⁰⁵. Lyhyelläkin aikavälillä voidaan lisätä resistanssia mm. sieni-, hyönteis-, tuuli- ja lumituhoja vastaan ja vähentäen metsäpalariskiä¹⁰⁶ (Liite 7).



Kuva 12. Ilmastonmuutokseen sopeutuvan metsänhoidon vaiheet ja toimenpiteet ¹⁰⁷.

Keskipitkällä tähtäimellä metsänhoidon keinoin tulee vahvistaa metsien resilienssiä suhteessa muuttuneeseen häiriödynamiikkaan – esim. lisääntyneet sieni-, hyönteis-, tuuli- ja lumituhot sekä metsäpalojen riskin lisääntyminen. Tällä aikaskaalalla esim. metsänjalostus on potentiaalinen resistanssia luova menettely. Tämä on kuvassa 12 ”resilience” eli sopeutumista muuttuneisiin häiriötekijöihin ja tuhoriskeihin metsänhoidollisin keinoin. ^{108,109}

Pitkän tähtäimen tavoitteena ovat muuttuneisiin olosuhteisiin sopeutuneet metsät, joissa esim. puulajikoostumus, kiertoaika ja metsätalouden suunnittelun menetelmät voivat olla nykytikasta poikkeavia (kuva 12 ”transition”). Tällöinkin huomioidaan metsätalouden tavoitteet, alueittain vaihtelevat näkökohdat, metsien hoidon ja käytön historia, metsätalouden toiminnan alue- ja aikaskaala (puut, metsiköt, maisemataso/valuma-alue, kasvupaikat jne.).¹¹⁰

¹⁰² Millar, C.I., N.L. Stephenson, and S.L. Stephens. 2007. Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecol. Appl.* 8, 2145-2151.

¹⁰³ viitattu 26.11.2020 <https://www.adaptivesilviculture.org/silviculture-climate-adaptation>.

¹⁰⁴ Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

¹⁰⁵ Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

¹⁰⁶ Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

¹⁰⁷ viitattu 26.11.2020 <https://www.adaptivesilviculture.org/silviculture-climate-adaptation>.

¹⁰⁸ Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

¹⁰⁹ Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019. Helsinki. 11 p.

¹¹⁰ Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

Sopeutumistoimien tarpeellisuuden arvioimista vaikeuttaa se, että ilmastonmuutoksen yksittäiset vaikutukset voivat olla positiivisia, mutta eri tekijöiden yhteisvaikutukset negatiivisia. Metsätaloudessa positiiviset vaikutukset näkyvät kasvukauden pidentymisenä ja metsän kasvun nopeutumisena. Toisaalta sään ääri-ilmiöiden, kuten kuivuusjaksojen, rankkasateiden lisääntyminen sekä tuho- ja vieraslajien lisääntymisen uhka voivat aiheuttaa metsätuhojen kautta menetyksiä. Myös korjuuolosuhteiden muutos vaikuttaa muutoksesta koituvaan kokonaishyötyyn. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia tulisikin aina arvioida kokonaisvaltaisesti ¹¹¹. Huomionarvoista on, että ilmastonmuutoksen tarkkoja kokonaisvaikutuksia ja metsänkäsittelyjen vaikutuksia metsien resistanssin ja resilienssin parantamiseen ei tarkasti tunneta (Liite 7).

Suomalaisen metsätalouden tulee sopeutua monenlaisiin haasteisiin ja vaikeasti ennustettaviin muutoksiin ilmastonmuutoksen edetessä. Ennusteet näyttävät siis sille, että jonkinasteisia alueellisia eroja tulee olemaan varsinkin pohjoisen ja etelän ilmaston välillä. Ilmastollisten erojen lisäksi alueellisessa sopeutumisen tarkastelussa tulee myös huomioida muut alueellisiin eroihin vaikuttavat tekijät, kuten erot metsien käytössä ja alueiden välisessä geologiassa ja maankäytön historiassa. Tässä tulee huomioida esimerkiksi erot kivennäismaan ja turvemaiden pinta-alojen osuuksien välillä.

Tärkeimmät toimenpidesuosituksot metsätalouden ilmastoriskien vähentämiseksi ovat Luonnonvarakeskuksen mukaan ¹¹² kansainvälisen taimikaupan lopettaminen, olemassa olevien metsänhoidon suositusten noudattaminen, tutkimukseen ja seurantaan panostaminen sekä puunkorjuun edellytyksistä ja alemman tieverkoston kunnosta huolehtiminen. Taustaraportin koonnin perusteella metsätaloudessa suurimmat riskit liittyvät mahdollisiin metsätuhoihin etenkin kuusen kohdalla.

Vesiensuojelu

Suuri osa ihmistoiminnasta aiheutuvasta vesistökuormituksesta on peräisin maa- ja metsätaloudesta ja vesiensuojelu tuleekin ottaa huomioon ilmastonmuutokseen sopeutumisessa entistä paremmin. Erityisesti suometsien kuivatuksessa tulee panostaa yhä enemmän vesiensuojeluun, pyrkien samalla säilyttämään turpeessa oleva hiili. Tämän lisäksi metsätaloudessa tulisi metsänhoidon keinoin pyrkiä vähentämään eroosiota ja maa-aineksen liikkeelle lähtemistä. Tähän voidaan vaikuttaa ojien kunnostamisessa ojasyvyyttä rajoittamalla sekä mahdollisuuksien mukaan ojaston kunnostamisen korvaamisella muilla menetelmillä, kuten peitteisellä metsänkasvatuksella tai suometsän tuhkalannoituksella.

Entistä tarkempi toimenpiteiden kohdentaminen riskikohteet huomioon ottaen ja tulevien vesiolosuhteiden muutosten huomioiminen osana toimenpidesuunnittelua voivat osaltaan auttaa tavoitteiden pääsemiseen. Kun valumavesien laatu paranee, se auttaa samalla luonnon monimuotoisuuden säilymistä ja kasvua vastaanottavissa vesistöissä.

Metsäluonnon monimuotoisuus

Metsäluonnon monimuotoisuudesta huolehtiminen lisää metsien vastustuskykyä ilmastonmuutosta vastaan. Monimuotoisuutta lisätään lahopuun/kuolleen puun määrän kasvattamisella ja

¹¹¹ viitattu 17.11.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/927e1a93-83f9-4888-bd89-ab6f0c841d19/ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-haasteet-ja-mahdollisuudet.html>.

¹¹² viitattu 26.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsatalous-ja-ilmastonmuutos/>

lahopuujatkumon turvaamisella. Järeän lahopuun roolia korostetaan, mutta metsän monimuotoisuuden turvaamisessa on alettu kiinnittämään huomiota myös pieniläpimittaisen lahopuun jättämiseen¹¹³.

Haavan ja lepän jättäminen metsiin turvaa monimuotoisuutta. Lepällä on lisäksi kyky sitoa tyypeä ilmakehästä biologista typensidonnan avulla. Biologisella typensidonnan huomioiminen nykyistä vahvemmin voisi parantaa metsämaan ravinnetilaa luonnollisella keinolla huomioiden taloudellisesti arvokkaampien puulajien kasvu¹¹⁴. Monimuotoisuuden lisäämisen nähdään toisinaan ristiriitaisena toimenä metsien taloudelliselle hyödyntämiselle. Usean tavoitteen toteuttaminen voisi olla mahdollista niin, että monimuotoisuutta lisätään paikoissa, joissa hakkuita tulisi välttää (suojavyöhykkeet, jyrkät rinnealueet).

Metsän uudistaminen

Metsien uudistamisessa tulisi suosia kotimaisia lajeja ja välttää laajoja tasaikäisiä yhden puulajin metsiköitä. Metsänhoidon menetelmien työnlaatuun tulisi kiinnittää enemmän huomioita. Maanmuokausmenetelmien käyttö tietyllä kohteella tulisi tehdä perustellusti ja muokkausjäljen laatuun tulisi kiinnittää huomiota, jotta välttytään liian voimakkailta muokkauksilta. Erityisesti on korostettu maanmuokkauksen keventämistä¹¹⁵ (Liite 7).

Lehtimetsien lisäämiseksi tulisi hirvieläinkantojen säätelyssä ottaa aiempaa paremmin huomioon riisitalajikohtaiset ja alueelliset tilanteet, jotta metsiä voidaan kaikkialla uudistaa myös lehtipuille.

Viivyttelemätön, tehokas metsän uudistaminen lyhentää uudistushakkuun jälkeistä hiilipäästöjaksoa ja edistää puuston hiilen sidontaa. Nykyisin käytössä olevat kohoumia muodostavat muokkausmenetelmät (esim. laikku- ja kääntömätöstys) sekä jalostetusta siemenestä kasvatetut paakkutaimet takaavat nopean taimikon alkukehityksen. Jalostetun viljelymateriaalin käytöllä on mahdollisuus lisätä puuntuotosta ja hiilensidontaa jopa yli 30 prosentilla jalostamattomaan materiaaliin verrattuna (Liite 7).

Taimikonhoito

Kesäaikaisessa taimikonhoidossa tulee huomioida juurikäävän mahdollinen leviäminen ja sen estäminen taimikkokoisten kantojen kautta. Näissä kantotartuntojen on todettu leviävän herkästi¹¹⁶. Taimikonharvennus voi olla perusteltua tehdä mahdollisuuksien mukaan talviaikaan.

Puunkorjuu ja varastointi

Kasvavan biotalous lisää puun kysyntää tulevaisuudessakin ja näin ollen myös puun korjuusta aiheutuvat ongelmat lisääntyvät. Puunkorjuun mahdollistamiseksi roudattomana aikana pehmeillä mailla tulisi se tehdä parhaiten soveltuvalla korjuukalustolla. Kantavuutta ja valittuja korjuureittejä tulee

¹¹³ viitattu 26.11.2020 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240_2_2.6.pdf.

¹¹⁴ Smolander A. 2018. Typpilannoitus metsämaan viljavuuden parantajana – kestävyysnäkökohtia maan ja ympäristön kannalta. Metsätieteen aikakauskirja 2018-10080. Tieteen tori. 8 s.

¹¹⁵ https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_metsatalous_31-08-2020.

¹¹⁶ Piri, T. 2020. Kuinka metsänhoidolla voidaan rajoittaa juurikäävän leviämistä? Metsätieteen Päivä 20.10.2020. Metsien terveys nyt ja tulevaisuudessa.

arvioida hyödyntäen täsmällisiä kohdetietoja maaperästä. Maaperävaurioiden syntyä tulee ehkäistä ja ohjata korjuu sopiviin kohteisiin sääolojen mukaan¹¹⁷.

Kasvatushakkuut

Metsän kasvatuvaiheessa metsänhoitotoimenpiteiden (taimikonhoito ja harvennushakkuut) oikea-aikaisuudella ylläpidetään puuston elinvoimaisuutta ja hallitaan tuhoriskejä. Kasvatuvaiheessakin tavoitteena on säilyttää sekapuustoisuus puuston terveyden ja monimuotoisuuden ylläpitämiseksi (Liite 7).

Lannoitus

Lannoituksen positiiviset vaikutukset metsän kasvuun ja toisaalta puuston elinvoimaisuuden parantamiseen ovat melko kiistattomia (Liite 7).

Metsäpuiden ravinteiden saannin kannalta olennaista ei ole käyttökelpoisten ravinteiden pitoisuus maassa vaan niiden jatkuva saatavuus maan ravinnevuosta. Teoreettisesti ajatellen päästöt ympäristöön minimoituvat ja puiden kasvu on suurinta ravinnelisen ollessa kullakin hetkellä yhtä suuri kuin ravinteiden otto. Ruotsalaiset tutkimukset puoltavat tätä näkemystä, mutta käytännön toiminnan ja talouden asettamat rajoitteet tietenkin sulkevat pois usein toistuvan lannoituksen¹¹⁸.

Lannoitevalikoimaan tulisi saada hidasliukoiset lannoitteet. Hitaasti typpeä vapauttavaa amerikkalaista ureaformaldehydilannoitetta on verrattu nopealiukoisiin ureaan ja ammoniumnitraattiin¹¹⁹. Ureaformaldehydillä voidaan saavuttaa kertalannoituksella pitkäaikainen kasvunlisäys (jopa yli 15 vuotta). Nopealiukoisella lannoitteella saadaan nopeampi vaikutus metsän kasvuun, mutta vaikutuksen kesto on lyhyempi. Merkittävin tulos ympäristön kannalta on, ettei ureaformaldehydi lisää riskiä typen häviöille, vaan typpi pysyy maassa vapautuen hitaasti hajotustoiminnan tuloksena tyydyttämään puuston typen tarvetta. Muitakaan haittavaikutuksia maan ominaisuuksiin ja toimintoihin tai kasvillisuuteen ei ole havaittu.

Lannoituksen osalta suositusten tulisi huomioida lannoituksen vaikutukset metsäekosysteemin monimuotoisuuteen.

Metsätuhot

Metsätuhot on käsitelty kappaleessa 4.5.

Ydinasiat liittyen ilmastonmuutokseen sopeutumiseen

- Ilmastoriski muodostuu kolmesta ulottuvuudesta 1) ilmaston vaihtelu ja muutos ja niiden vaikutukset (hazards), 2) metsäekosysteemien altistuminen ilmastonmuutoksen vaikutuksille (exposure), 3) metsäekosysteemien resistanssi ja resilienssi ja niiden ylläpito metsänhoidon keinoin tavoitteena ekosysteemien haavoittuvuuden vähentäminen (vulnerability).

¹¹⁷ viitattu 6.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/metsatalous-ja-ilmastonmuutos/>

¹¹⁸ Smolander A. 2018. Typpilannoitus metsämaan viljavuuden parantajana – kestävyysnäkökohtia maan ja ympäristön kannalta. Metsätieteen aikakauskirja 2018-10080. Tieteen tori. 8 s.

¹¹⁹ Smolander A., Henttonen H.M., Martikainen P.J. 2020. Hitaasti typpeä vapauttavan ureaformaldehydin vaikutuksista puuston kasvuun, maaperään ja ympäristöön. Metsätieteen aikakauskirja 2020-10219. Katsaus. 17 s.

- Ilmastomuutokseen sopeutuminen nähdään toimena, jota jokaisen metsänomistajan tulisi huomioida metsänhoidossaan ja siihen liittyvissä päätöksissä.
- Huolehtimalla metsien elinvoimaisuudesta lisätään myös metsien sopeutumiskykyä.
- Puuston elinvoimaisuuden parantamisessa tulisi huomioida metsänhoidon oikein valitut menetelmät, hoidon oikea-aikaisuus ja työn laatu.
- Tärkeänä sopeutumisen toimena nähdään sekametsien tavoitteellinen perustaminen ja lehti-puustoisuuden lisääminen.

❖ **Keskeiset muutostarpeet nykyisiin suosituksiin**

- Sopeutumisen keinoja tulee käsitellä kolmella suuralueella (Etelä-, Väli-, Pohjois-Suomi).
- Sopeutumisen keinojen vaikutuksia tulee tarkastella lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.
- Monimuotoisuuden merkityksen korostaminen sopeutumisen keinona.
- Sekapuustoisuuden lisääminen vahvemmin esiin, kotimaisilla puulajeilla
- Selvennys puulajisekoituksen tavoiteltavista osuuksista sekametsissä metsätilatasolla
- Maaperätiedon ja paikkatiedon laaja hyödyntäminen riskikohteiden (bioottiset/abioottiset tuhot) kartoituksessa ja toimenpiteiden kohdentamisessa, ”täsmämetsänhoidon” kuvaaminen
- Kasvatustiheyden vaikutusten huomioiminen veden haihduntaan kuusen kasvaessa karuhkoilla kasvupaikoilla
- Koko metsäekosysteemin monimuotoisuuden, maaperä mukaan lukien, suojelun tarve enemmän esille
- Uusien vettä viivyttävien rakenteiden lisääminen vesiensuojelukeinoihin
- Eri tekijöiden (juurikäpää, kantavuus, korjuuvauriot) huomioiminen hakkuuajankohdissa
- Jalojen lehtipuiden kasvatuksen hyödyt ja riskit.

Seuraavia teemoja on jo käsitelty suosituksissa

- Ilmastomuutoksen sopeutumisen keinoja on käsitelty melko laajasti nykyisissä suosituksissa metsänomistajan ja metsäammattilaisen näkökulmasta
- Suosituksista löytyy taulukko metsätalouden sopeutumisen keinoista. Se kaipaakin kuitenkin alueellista tarkentamista.

4.7 Ilmastomuutoksen hillintä metsätaloudessa

Ilmastomuutoksen hillinnällä tarkoitetaan ihmisen toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi tai niiden nielujen lisäämiseksi¹²⁰, tavoitteena ilmastomuutoksen rajoittaminen mahdollisimman vähäiseksi¹²¹.

¹²⁰ IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

¹²¹ Kansallinen metsästrategia 2025.

Maapallon metsän poistavat ilmakehästä vuosittain 8,8 miljardia tonnia hiilidioksidia, mikä vastaa suurin piirtein kolmasosaa vuosittaisesta fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästömäärästä¹²². Metsät ja metsäsektori nähdään yhtenä ratkaisujen tarjoajana ilmastomuutoksen hillintään, koska metsäekosysteemi toimii hiilinieluna ja -varastoina¹²³ sekä uusiutuvan raaka-aineen ja energian lähteenä¹²⁴ (Liite 7).

Metsät toimivat hiilinieluja silloin, kun ne sitovat ilmakehästä enemmän hiilidioksidia kuin mm. hakkuut ja lahoaminen sinne vapauttavat. Puiden biomassassa muodostuu vedestä, ravinteista ja hiilestä, joka on peräisin ilmakehän hiilidioksidista. Periaatteessa siis mitä enemmän puita on, sitä vähemmän on hiilidioksidia ilmakehässä¹²⁵.

Metsänhoidollisilla keinoilla vaikutetaan metsäekosysteemin hiilinielujen ja varastojen kehittymisen suuntaan ja voimakkuuteen¹²⁶. Hiilen sidonnan maksimointiin tähtäävä metsänhoito ja toisaalta ilmaston lämpenemisen hillinnän maksimointiin tähtäävä metsänhoito poikkeaa eri Euroopan alueilla perinteisestä metsänhoidosta¹²⁷. Metsänhoidon hillintään tähtäävien tavoitteiden asettamisessa tulisi huomioida myös vaikuttaminen lämpötiloihin, ei pelkästään hiilen nieluihin ja varastoihin. Hiilen lisäksi tulee muistaa metsänhoidon vaikutukset myös muihin kasvihuonekaasuihin. Kansainvälisessä keskustelussa nostetaan esille myös vaikutukset albedoon¹²⁸, vaikkakin puuston tilavuuden kasvulla on viime vuosikymmeninä ollut vain vähäinen vaikutus metsiemme albedoon (Liite 6).

Metsänhoidolla nähdään tärkeämpi rooli ilmastomuutokseen sopeutumisessa, jolla varmistettaisiin metsien tarjoamien palveluiden jatkuvuus¹²⁹. Metsänhoidon vaikutuksista ilmastomuutoksen hillinnässä on saatavilla vähemmän tieteellistä tutkimustietoa verrattuna sopeutumisen keinoihin. Tiedonpuute on havaittavissa erityisesti metsänhoitotoimenpiteiden vaikutuksista maaperän hiilivarastoon ja sen muutoksiin. Maaperään liittyen tiedonpuutetta on kasvihuonekaasujen kehittymisestä. Suomessa tärkeä teema tähän liittyen on jatkuvan kasvatuksen käyttö turvemilla ja sen vaikutukset vesitalouteen ja kaasujen kehittymiseen. Uusien menetelmien käytöstä ei ole myöskään pitkäaikaista tieteellistä näyttöä, joka vaikeuttaa niiden sopivuuden arviointia.

Kasvamaan jäävä puusto muodostaa ison osan metsien hiilinielusta. Hiilinielun kokoon vaikuttaa hakuiden lisäksi luonnonpoistuma. Puun käytön lisääntyessä metsien hiilinielu voi pienentyä ainakin hetkellisesti. Tällöin painopistettä ilmastomuutoksen hillinnässä siirretään fossiilisten raaka-aineiden korvaamiseen uusiutuvilla raaka-aineilla, kuten puulla.

Hiiltä varastoituu puustoon, puusta valmistettaviin tuotteisiin ja maaperään. Metsien hiilivarastojen kasvattaminen voi lisätä tuhoriskejä ja näin ollen vaarantaa hiilivarastojen säilymisen metsässä ja puutavaran käyttämisen pitkäikäisiin tuotteisiin. Ilmastomuutoksen hillintämahdollisuudet ovatkin

¹²² Pan Y., Birdsey R.A., Fang J., Houghton R., Kauppi P.E., Kurz W.A., Phillips O.L., Shvidenko A., Lewis S.L., Canadell J.G., Ciais P., Jackson R.B., Pacala S.W., McGuire A.D., Piao S., Rautiainen A., Sitch S., Hayes D. 2011. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science* 333: 988 LP – 993.

¹²³ viitattu 31.08.2020 Canemure Best practise. https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_metsatalous_31-08-2020

¹²⁴ Paradis, L., Thiffault, E., Achim, A. 2019. Comparison of carbon balance and climate change mitigation potential of forest management strategies in the boreal forest of Quebec (Canada), *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92, 264–277.

¹²⁵ viitattu 16.11.2020 <http://hiilipuu.fi/fi/artikkelit/metsien-merkitys>

¹²⁶ Jandl, R., Vesterdal, L., Olsson, M., Bens, O., Badeck, F. & Rock, J. 2007. Review Carbon sequestration and forest management. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2, No. 017.

¹²⁷ Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A. et al. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature* 562, 259–262 (2018).

¹²⁸ Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A. et al. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature* 562, 259–262 (2018).

¹²⁹ Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A. et al. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature* 562, 259–262 (2018).

yhä enemmän vaarassa johtuen useista metsiä uhkaavista tuhoista, jotka rajoittavat metsien kasvua ja terveyttä¹³⁰.

Meneillään oleva keskustelussa esitetään erilaisia näkemyksiä ilmastonmuutoksen hillintään metsänhoidollisin keinoin. Ilmastonmuutoksen seurauksena suomalaisten metsien kasvu kiihtyy entisestään erityisesti pohjoisessa. Nähdään, että kasvua voidaan edelleen lisätä metsänhoidollisilla menetelmillä edellyttäen, että metsiä hoidetaan oikea-aikaisesti ja tietyille kasvupaikalle soveltuvilla menetelmillä (Liite 7). Panostamalla ja kannustamalla talouskäytössä olevien metsien oikea-aikaiseen ja hoitorästejä poistavaan hoitoon, voidaan parantaa metsätalouden kannattavuutta, lisätä puuston kasvua ja samalla lisätä maaperän hiilisyötettä.

Hiilensidontaan tehostavia toimenpiteitä ovat mm.

- lannoitus
- metsien nopea uudistaminen uudistushakkuun jälkeen
- jalostetun viljelymateriaalin käyttäminen metsänuudistaminen
- vajaatuottoisten metsien tehokas uudistaminen ja metsittäminen
- kiertoajan maltillisella pidentämisellä

Suosituksen tulisi tarjota ilmastonmuutoksen hillinnän menetelmävalikoimaa erilaiselle metsänomistajille tukien samalla monitavoitteista metsien käyttöä ja mahdollistaa monipuolisten tavoitteiden toteuttaminen. Tämä voi tarkoittaa, että eri puolilla metsätilaa sovelletaan useita metsänhoidon menetelmiä.

Metsänhoidon positiivisten ja negatiivisten vaikutusten arvioinnissa hillinnän näkökulmasta tulee huomioida myös tarkastelun aikaväli. Metsänhoidon menetelmien vaikutukset eivät välttämättä näy lyhyen aikavälin tarkastelussa, vaan tarkastelussa tulee huomioida myös kiertoajan ja jopa sen yli menevät vaikutukset. On todettu, että esimerkiksi puulajien maavaikutukset voivat tulla näkyviin hitaasti¹³¹ ja maaperässä tapahtuvat pysyvät muutokset ovat ylipäänsä hitaita.

Ilmastonmuutosta voidaan hillitä metsänhoidossa esimerkiksi alla olevilla toimilla. Niiden toimivuuteen vaikuttaa, millä aikavälillä niitä tarkastellaan ja minkälainen painoarvo annetaan niiden vaikutuksille esimerkiksi monimuotoisuuteen tai talouteen.

- Huolehditaan kasvatettavan puuston elinvoimaisuudesta oikea-aikaisella metsänhoidolla.
- Metsää uudistettaessa toteutetaan kasvupaikalle soveltuva uudistamisketju viivyttämättä.
- Suometsiä ei uudisojiteta
- Suositaan metsänhoitomenetelmiä, jotka lisäävät pitkällä aikavälillä hiilivirtaa metsämaahan ja vähentävät hiilivirtaa metsämaasta.
- Käytetään metsänuudistamisessa jalostettua viljelymateriaalia (siemenet & taimet).
- Vahvistetaan lannoittamalla puiden kasvua ja hiilensidontaa.
- Uudistetaan tai metsitetään vajaatuottoisena kasvavia kohteita.
- Suositaan turvemailla metsänkasvatusta, jossa hiili säilyy turpeessa.

Anderegg, W. R. L., Kane, J. M., and Anderegg, L. D. L. 2013. Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nat. Clim. Chang.* 3, 30–36.

¹³¹ Kanerva S. 2007. Plant secondary compounds and soil microbial processes in carbon and nitrogen cycling in relation to tree species.

- Suojellaan kohteita, joissa on parhaiten yhteensovittavissa monimuotoisuuden turvaaminen ja hiilen varastointi.

Keskusteluissa nähdään, että metsiä voidaan käyttää tehokkaasti ja jopa nykyistä enemmän, mutta samalla tulee investoida metsien puuston kasvuun ja hiilinielujen lisäämiseen pitkällä aikavälillä. Metsän kasvuun tähtäävät investoinnit ovat kyseenslaisia silloin, jos metsää ei ole tarkoitus hyödyntää taloudellisesti tai toimenpiteet pienentävät hiilivarastoja. Esimerkiksi keskusteluissa nostetaan esille kivennäismaiden maanmuokkauksen orgaanisen aineksen hajotusta lisäävä vaikutus lyhyellä aikavälillä, mutta pitkällä aikavälillä puustoon ja maaperään sitoutuu enemmän hiiltä.

On myös esitetty, että lyhyellä aikavälillä päästöjä voidaan vähentää pidättäytymällä hakkuista¹³². Kuitenkin hakkuista pidättäytyminen heikentää metsien puuntuotannollista tilaa. Metsien hoitamattomuuden nähdään haittaavan metsien kasvua pidemmällä aikavälillä ja heikentävän niiden hiilensidontan kykyä tulevaisuudessa. Hakkuiden viivästyttäminen lisää metsien alttiutta tuhoille ja voi vaarantaa hiilen varastointia metsään (Liite 7).

Metsäekosysteemin lisäksi hiiltä voidaan varastoida puutuotteisiin. Puupohjaisilla tuotteilla ja puupohjaisilla energianlähteillä voidaan korvata fossiilisia materiaaleja ja energialähteitä¹³³. Hoidettu metsä tuottaa enemmän järeää puuainesta kuin hoitamaton. Tällöin puusta voidaan valmistaa enemmän tuotteita, joiden käyttöikä ja hiilen varastointiaika on pitkä. Järeän puun lisäksi pieniläpimittaisenkin puuaineksen korvausvaikutukset voivat olla suuria, kun ne korvaavat fossiilista energiaa ja toisaalta niille voi olla tulevaisuudessa käyttöä myös pitkäikäisiin tuotteisiin. Esimerkiksi sivutuotteena syntyvän materiaalin osuuden lisääminen puupohjaisiin tekstiileihin ja puu-muovikomposiitteihin biopolttoaineiden sijasta voi merkitä suurempia kokonaiskorvaushyötyjä verrattuna tukkipuun käyttämisestä rakentamiseen¹³⁴. Lisäksi on huomioitava, että metsänomistaja ei voi vaikuttaa, mihin hänen myymänsä puut lopulta päätyvät.

Metsien aktiivisen hoitamisen lisäksi järeän puuraaka-aineen tuottoa voidaan lisätä myös metsän kiertoajan maltillisella pidentämisellä ja jalostuksella (Liite 7). Kiertoaikojen pidentäminen voi toisaalta vähentää puuntuotannon kannattavuutta, ellei pidentämistä kompensoida taloudellisesti.

Metsäbioenergia

Pieniläpimittaisen puun, kantojen ja hakkuutähteiden hyödyntämisellä bioenergiaksi korvataan fossiilisia polttoaineita. Tällöin fossiiliset raaka-aineet eivät lisää kierrossa olevan hiilen määrää¹³⁵. Ilman lämpeneminen voi parantaa metsästä saatavan metsäbioenergian käyttöedellytyksiä, koska

¹³² viitattu 16.11.2020 https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_metsatalous_31-08-2020.

¹³³ viitattu 24.11.2020 <https://mmm.fi/documents/1410837/22836561/Metsien+rooli+ilmastonmuutoksen+hillinnassa.pdf/b8b48104-a90c-ed4d-647d-8982f8f507d5/Metsien+rooli+ilmastonmuutoksen+hillinnassa.pdf>.

¹³⁴ Hurmekoski E, Myllyviita T, Seppälä J, Heinonen T, Kilpeläinen A, Pukkala T, Mattila T, Hetemäki L, Asikainen A, Peltola H. 2020. Impact of structural changes in wood-using industries on net carbon emissions in Finland. *J Ind Ecol*.

¹³⁵ Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J. Kauppi, L. 2007. Bioenergian tuotannon uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. Nykytilakatsaus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2007. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=70772&lan=fi>.

puuston kasvun ja hakkuupotentiaalin oletetaan lisääntyvän. Siten metsäbioenergian saatavuutta voivat heikentää tekijät, jotka haittaavat puuston kasvua^{136, 137}.

Metatutkimukset^{138,139} arvioivat, että metsäbioenergian, kuten hakkuutähteiden korjuu, voi heikentää puuston kasvua ja biomassan tuotantoa. Bioenergian korjuussa metsästä poistetaan orgaanista ainesta, ravinteita ja lahoppuuta, jotka ovat tarpeellisia puuston kasvuun ja monimuotoisuuden turvaamiselle. Hakkuutähteiden korjuun aiheuttama metsien hiilivaraston pienentyminen arvioidaan olevan vähäisempi kuin runkopuun hakkuiden lisäyksen, koska hakkuutähteet metsään jätettynä joka tapauksessa lahoaisivat ja vapauttaisivat merkittävän osan hiilestään ilmaan¹⁴⁰ (Liite 7).

Hakkuutähdemasat stimuloivat metsämaan mikrobitoimintaa ja typen kierron prosesseja¹⁴¹, joiden seurauksena typpeä voi poistua metsämaasta. Siten hakkuutähteen korjuulla nähdään positiivisia vesistövaikutuksia^{142,143,144}. Korjuulla voi olla myös positiivisia vaikutuksia typpioksiduulipäästöihin avohakkuun jälkeen^{145,146}.

Tietoa tarvitaan lisää nykyaikaisen korjuun pitkäaikaisista maa- ja ympäristövaikutuksista erilaisilla kasvupaikoilla. Vaikutukset metsätuhoriskeihin, kasvihuonekaasupäästöjen ja lajien uhanalaisuuden kehittymiseen sekä metsien pölyttämääriin ovat puutteellisia¹⁴⁷. Tutkimustulokset korjuun vaikutuksista puuston kasvuun eivät ole myöskään yhteneväisiä. Tiedon puutteen ja sen ristiriitaisuuden vuoksi bioenergian korjuun kestävyvdestä ei olla yksimielisiä.

Jatkuva kasvatus

Erilaisissa metsissä tarvitaan monipuolisia, ilmaston kannalta oikein valittuja metsänhoitotoimia¹⁴⁸. Luonnonvarakeskuksen uudet tutkimustulokset hakevat ratkaisuja turvemaiden ilmastoviisaaseen metsänhoitoon¹⁴⁹. Sillä tarkoitetaan metsänhoitoa, jossa tehdään ilmaston kannalta oikeita valintoja ja otetaan huomioon myös muut metsänhoidon tavoitteet.

¹³⁶ viitattu 10.11.2020: Ilmasto-opas <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/e7bd9080-0e04-4e2e-8189-52c87c829cf8/bioenergia.html>

¹³⁷ Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J., Kauppi, L. 2007. Bioenergian tuotannon uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. Nykytilakatsaus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2007. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=70772&lan=fi>.

¹³⁸ Achat, D.L., Deleuze, C., Landman, G., Pousse, N., Ranger, J., and Augusto, L. 2015. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth – a meta-analysis. *For. Ecol. Manage.* 348, 124–141.

¹³⁹ Thiffault, E., Hannam, K.D., Pare, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G., and Brais, S. 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests – a review. *Environ. Rev.* 19, 278–309.

¹⁴⁰ Pingoud, K., Ekholm, T., Soimakallio, S. & Helin, T. 2016. Carbon balance indicator for forest bioenergy scenarios. *GCB Bioenergy* 8: 171–182.

¹⁴¹ Törmänen, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Heikkinen, J., and Smolander, A., 2018. How do logging residues of different tree species affect soil N cycling after final felling? *For. Ecol. Manage.* 427, 182–189.

¹⁴² Wall, A. 2008. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clear-cutting in a Norway spruce stand. *For. Ecol. Manage.* 256, 1372–13.

¹⁴³ Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V., ja Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of The Total Environment*.

¹⁴⁴ Smolander, A., Törmänen, T., Kitunen, V., and Lindroos, A.-J. 2019. Dynamics of soil nitrogen cycling and losses under Norway spruce logging residues on a clear-cut. *For. Ecol. Manage.* 449, 117444.

¹⁴⁵ Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V., ja Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of The Total Environment*.

¹⁴⁶ Smolander, A., Törmänen, T., Kitunen, V., and Lindroos, A.-J. 2019. Dynamics of soil nitrogen cycling and losses under Norway spruce logging residues on a clear-cut. *For. Ecol. Manage.* 449, 117444.

¹⁴⁷ Ranius, T., Hämäläinen, A., Egnell, G., Olsson, B., Eklöf, K., Stendahl, J., Rudolphi, J., Stens, A., and Felton, A. 2018. The 372 effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of 373 Environmental Management* 209, 409–425.

¹⁴⁸ viitattu 10.11.2020 <https://www.luke.fi/uutinen/uusi-selvitys-metsien-hiilinielut-kasvavat-oikein-valituilla-metsanhoitotavoilla/>

¹⁴⁹ viitattu 10.11.2020 <https://www.luke.fi/sompa/>.

Tutkimustiedot jatkuvan kasvatuksen hyödyistä ilmastonmuutoksen hillinnässä ovat puutteelliset ja näkemykset ristiriitaisia. Osa näkemyksistä perustuu siihen, että ojitetuilla turvemaidella jatkuva kasvatusta on mahdollinen keino säädellä suometsien vedenpintaa ja sitä kautta kaasujen muodostusta. Näin voidaan vähentää ojien kunnostustarvetta^{150,151}. Uusien tulosten mukaan turvemaidella jatkuva kasvatusta tarjoaa potentiaalisen vaihtoehdon metaani- ja typpioksiduulipäästöjen hallintaan¹⁵². Siirtymistä turvemaiden jatkuvaan kasvatukseen on ehdotettu keinoksi hillitä ympäristölle haitallisia vaikutuksia¹⁵³ ja samalla välttää avohakkuuta ja uudistamiskustannuksia¹⁵⁴.

Jatkuvan kasvatuksen lisäämisen hyödyt kivennäismailla eivät ole selvät. Mahdollisina ongelmina on tuotu esille taloudellisen kannattavuuden heikentyminen ja tuhoriskien lisääntyminen. Olemassa oleva tutkimustieto on ristiriitaista. Keskeinen kysymys on, kuinka nopeasti ja hyvin luontainen uudistuminen tapahtuu jatkuvassa kasvatuksessa.

Jatkuva kasvatusta menetelmänä aiheuttaa epäselvyyttä myös metsänomistajien ja metsätoimihenkilöiden sekä operaatiovastaavien keskuudessa. Ihmetystä on herättänyt ero siinä, että jatkuvaa kasvatusta olisi moni kokeillut, mutta tämä ei kuitenkaan näy metsänkäyttöilmoituksissa. Tämä voi liittyä siihen, että menetelmä ymmärretään eri tavoin ja termien käyttö on vaihtelevaa.

Lehtipuuston lisääminen

Lehtipuulajien määrän lisääminen boreaalisella vyöhykkeellä metsänhoidon avulla hyödyttää sekä hillintä- ja sopeutumistavoitteita. Tämä tulisi tuoda esille suosituksissa nykyistä selvemmin. Suurempi lehtipuusekoitus voi vähentää metsäpalojen riskiä ja parantaa pinta-albedoa, joista molemmista on hyötyä ilmastonmuutoksen hillintään, mutta samalla edesautetaan ilmastonmuutokseen sopeutumista¹⁵⁵. Niukkaa sekametsien osuutta selittävät osin metsänhoidon perinteet, osin maantiede. Jaksollinen metsänkasvatusta on suosinut yhden puulajin havumetsiä, ja etenkin maan pohjoisosissa karut metsätyypit kehittyvät luontaisestikin puhtaksi männikoiksi¹⁵⁶.

Lehtipuustoa lisätessä tulee huomioida mm. muutokset ekosysteemin kykyyn sitoa hiiltä ja monimuotoisuudessa¹⁵⁷. On ehdotettu, että hiilen sidonnan maksimointiin tähtäävä metsänhoito edellyttäisi Pohjois-Euroopassa hoitamattomien metsien määrän kolminkertaistamista ja lehtimetsien osuuden hienoista lisäämistä. Sen sijaan, jos tavoitteena olisi metsänhoidon avulla hillitä ilmaston lämmenemistä, pitäisi puolet talousmetsistä korvata lehtipuutaimikoilla¹⁵⁸. Nykytiedon valossa sekametsät eivät kasva nopeammin tai sido enempää hiiltä kuin yhden puulajin metsät. Sekapuuston vaikutus

¹⁵⁰ Leppä et al. 2020. Vegetation controls of water and energy balance of a drained peatland forest: Responses to alternative harvesting practices. *Agricultural and Forest Meteorology* 295, 108198.

¹⁵¹ Viitattu 23.11.2020 <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsanhoito/metsan-jatkuva-kasvatus/>

¹⁵² Korkiakoski, M., Ojanen, P., Penttilä T., et al. Impact of partial harvest on CH₄ and N₂O balances of a drained boreal peatland forest. 2020. *Agricultural and Forest Meteorology*.

¹⁵³ Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., Kojola, S., Sarkkola, S., Launiainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, R., Miettinen, J., Ollikainen, M., 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *For. Ecol. Manag.* 424, 78–84.

¹⁵⁴ Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider, H., ja Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi, Tutkijapaneeli 2, Ojitettujen soiden kasvihuonepäästöistä ja uudistamisesta.

¹⁵⁵ Astrup, R., Bernier, P.Y., Genet, H. et al. 2018. A sensible climate solution for the boreal forest. *Nature Clim Change* 8, 11–12.

¹⁵⁶ Viitattu 10.11.2020 <https://www.luke.fi/mt-sekametsat-ansaitsevat-vuoronsa/>.

¹⁵⁷ Astrup, R., Bernier, P.Y., Genet, H. et al. 2018. A sensible climate solution for the boreal forest. *Nature Clim Change* 8, 11–12.

¹⁵⁸ Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A. et al. 2018. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature* 562, 259–262.

metsän kokonaistuotokseen on pieni tai jopa negatiivinen. Hiilen sidonta ei tätä kautta tehostu, vaan positiivinen vaikutus tulee metsän parantuneesta elinvoimasta ja pienentyneestä tuhoriskistä.

Laajassa kirjallisuuskatsauksessa¹⁵⁹ todetaan sekametsien voivan lisätä ekosysteemin hiilen varastointia, ja mahdollisesti lisäävän maanpäällisen hiilen määrää. Lehtipuusekoituksen ei ole todettu lisäävän havupuukarikkeen hajotusta¹⁶⁰. Vaikutukset maanalaisen hiilen määrään ei ole kuitenkaan niin selkeä, koska siihen vaikuttavat monimutkaisemmat prosessit. Sekametsien ehdotetaan olevan biologisen monimuotoisuuden, riskienhallinnan, virkistysarvon ja maaperän ominaisuuksien kannalta parempia kuin yhden puulajin metsiköt. Lehtipuut kohentavat maata, monimuotoisuutta ja niiden lisäämisellä voidaan tavoitella myös maisemallisia hyötyjä. Lehtipuukariker nostaa maan lämpötilaa ja pH:ta sekä lisää sen viljavuutta. Kangasmailla typpi on usein kasvua rajoittava tekijä, mutta esimerkiksi lepät voivat juurinystyröidensä bakteerien avulla sitoa ilmakehän typpeä maaperään kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Samalla maan mikrobitoiminta vilkastuu ja ravinteiden saatavuus paranee¹⁶¹.

Maaperän hiili

Suomi on sitoutunut vähentämään maa- ja metsätalouden kasvihuonekaasupäästöjä sekä lisäämään maaperän hiilivarastoja. Kehityssuunnan muuttaminen tarkoittaa erityisesti turvemaiden orgaanisen aineksen hajoamisen hidastamista säätelemällä vesitaloutta. Maaperän hiilivarasto on suurempi kuin puustoon sitoutunut hiilen määrä ja erityisen korostunut ero on soilla, joissa metsäojitetutkin alueet ovat turpeen hiilen määrä suhteen moninkertaisia puuston hiilivarastoon verrattuna - jopa ohutturpeisilla kasvupaikoilla (Liite 7).

Maaperän hiili on yksi maa- ja metsätaloustuotannon tärkeimmistä kasvutekijöistä. Taustaraportin perusteella on selvää, että maaperän hiilivarastoista ja metsänhoitotoimenpiteiden vaikutuksista maaperään ja sen hiilen määrän muutoksiin tiedetään suhteellisen vähän. Tiedon puute korostuu erityisesti pitkän aikavälin muutoksien seurannassa. Kivennäismailla tutkimus perustuu usein päällimmäiseen orgaanisen kerrokseen, jossa muutokset hiilen määrässä tapahtuvat syvempiä mineraalimaan kerroksia nopeammin. Mikäli kivennäismaan määrää on tutkittu, voi se olla rajattuna vain ylimpään osuuteen, jolloin osa maahiilestä rajautuu pois tarkasteluista. Tämä rajaaminen voi olla merkityksellinen, koska suomalaisissa metsämaissa hiiltä esiintyy runsaasti myös syvemmissä maakerroksissa. Tämä johtuu metsämaiden luonnollisesta ilmiöstä, podsolisaatiosta, jossa hiiliyhdisteet huuhtoutuvat syvemmälle ja lopulta kerrostuvat ns. B-horisonttiin¹⁶².

Turvemaiden ojitus on lähtökohtaisesti kiihdyttänyt orgaanisen aineksen hajoamista ja lisännyt siten hiilidioksidin vapautumista metsämaasta ilmakehään. Turvemaiden ojitus toisaalta parantaa puuston kasvuedellytyksiä ja näin ollen lisää hiilen sidontaa ilmakehästä (Liite 7). Metsäojitetuilla soilla puuston kasvu voi ensimmäisen kiertoajan ajan kompensoida turpeen hiilen hävikin. Karuilla soilla maltillisella kuivatuksella sekä hyvin ohutturpeisilla soilla (turvekerroksen paksuus n. 10 cm) metsäojitus voi

¹⁵⁹ Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., Hantula, J., Hynynen, J., Matala, J., Miina, J., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Niemistö, P., Nikula, A., Piri, T., Siitonen, J., Smolander, S., Tonteri, T., Uotila, K., Viiri, H. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? Forest Ecology and Management, Volume 479.

¹⁶⁰ Prescott, C., Zabeck, L., Staley, C. and Kabzems, R. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. Canadian Journal of Forest Research. 30(11): 1742-1750.

¹⁶¹ viitattu 10.11.2020 <https://www.luke.fi/mt-sekametsat-ansaitsevat-vuoronsa/>.

¹⁶² Lundström, U.S., Van Breemen, N., Bain, D. 2000. The podzolization process. A review. Geoderma. 94, 91–107.

myös pitemmällä tähtäimellä olla hiilineutraalia. Vesitaloudellisten toimenpiteiden lisäksi hiilensidontaa on edistettävä viljelyteknisin keinoin ja metsänhoitomenetelmiä edelleen kehittämällä^{163,164}.

Rapautuminen poistaa hiilidioksidia ilmakehästä¹⁶⁵ ja toisaalta vapauttaa ravinteita kasvillisuuden käyttöön. Epäselvää on, onko metsänhoidolla mahdollista vaikuttaa mineraalien rapautumiseen ja sitä kautta metsäekosysteemissä tapahtuvaan hiilidioksidin sitomiseen. Myös ilmastonmuutoksen tuomat vaikutukset lämpötilaan ja maan kosteuteen voivat osaltaan vaikuttaa ilmiön voimakkuuteen. Rapautuminen itsessään on erittäin hidas prosessi, mutta sen nopeuttamiseen on ehdotettu keinoja maataloustutkimuksen puolella^{166,167}.

Kasvihuonekaasupäästöt

Kasvihuonekaasupäästöjen globaali kehittyminen ja päästöjen hillitsemien vaikuttaa ilmastonmuutoksen etenemiseen ja lämpötilojen nousuun. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen tarkoituksena on hidastaa ja lopulta pysäyttää etenkin hiilidioksidipitoisuuden kasvu ilmakehässä hilliten ilmastonmuutosta. Hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli ovat metsätaloudessa yleisimmin käsitellyt kasvihuonekaasut. Metsäekosysteemin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ja hiilinielujen sekä -varastojen ylläpitämiseen ja kasvattamiseen voidaan vaikuttaa metsänhoidon toimenpiteillä.

Mikrobitoiminnan nopeutuminen lisää hiilen ja typen mineralisaatiota ja potentiaalia kasvihuonekaasujen muodostumiseen maaperässä. Hapellisissa maaperän oloissa hiiltä vapautuu kaasuna noin kolme kertaa enemmän kuin hapettomasta maaperästä. Hapellisessa maaperässä muodostuva kaasu on pääosin hiilidioksidia. Hapettomissa oloissa orgaanista ainesta hajottavat mikrobit tuottavat sekä hiilidioksidia, että metaania.

Maaperästä lähtöisin olevaa hiilidioksidia muodostuu maahengityksen kautta, jossa orgaanista hiiltä vapautuu maasta hiilidioksidina ilmakehään. Suomalaisissa metsämaassa hiilivarasto on erityisen suuri suhteessa maanpäällisen biomassan muodostamaan hiilivarastoon. Maan hiilivaraston muodostuminen johtuu boreaalisilla alueilla vallitsevasta viileästä ilmastosta, jossa orgaanisen aineen hajoaminen on hidasta. Ilmastonmuutoksen myötä kuivemmaksi tai lämpimämmäksi muuttuva ilmasto saattaa aiheuttaa muutoksen maasta ilmakehään hiilidioksidina vapautuvan hiilen poistumisnopeudessa ja siten lämmittää ilmastoa entisestään¹⁶⁸.

Maahengitys jaetaan kahteen erilliseen prosessiin: kuolleen orgaanisen aineen hajotuksessa vapautuvaan heterotrofiseen hengitykseen sekä kasvinjuurten ja niiden pinnalla elävän mikrobiston soluhengitykseen eli autotrofiseen hengitykseen. Heterotrofisen hengityksen kasvaminen suhteessa karikkeen muodostumisnopeuteen tarkoittaa maaperän hiilivaraston pienenemistä, kun taas autotrofisen

¹⁶³ Häggblom, O., Härkönen, L., Joensuu, S., Keskisarja, V. & Äijö, H. 2020. Maa- ja metsätalouden vesitalouden suuntaviivat muuttuvassa ympäristössä. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2020:6.

¹⁶⁴ Ojanen, P. 2019. Metsäoijitettujen soiden kasvihuonepäästöistä. Uudistuva suometsien hoito -retkeilyn esitykset. Luettavissa: https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Paavo-Ojanen_Mets%C3%A4ojitettujen-soiden-kasvihuonekaasup%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t.pdf.

¹⁶⁵ Brady, P.V. 1991. The effect of silicate weathering on global temperature and atmospheric CO₂. J. Geophys. Res. : Solid Earth , 96 (B11).

¹⁶⁶ Beerling, D.J., Kantzas, E.P., Lomas, M.R. et al. 2020. Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. Nature 583, 242–248.

¹⁶⁷ Lehmann, J. and Possinger, A. 2020. Removal of atmospheric CO₂ by rock weathering holds promise for mitigating climate change. Nature 583, 204–205.

¹⁶⁸ Salko, S. 2020. Autotrofisen ja heterotrofisen maahengityksen kehittyminen kuivuudessa boreaalisen metsämännyn (Pinus sylvestris) kasvualustalla. Maisterin tutkielma. Helsingin Yliopisto.

hengityksen kasvaminen tarkoittaa kasvien aktiivisuuden kasvamista ja samalla juuristoon varastoituvan hiilen määrän kasvua. Kuivuuden vaikutusta kummankin ositteen toimintaan on tutkittu paljon, ja vaikuttaa siltä, että boreaalisessa metsäekosysteemissä autotrofinen maahengitys reagoi kuivuuteen heterotrofista hitaammin ja vähemmän voimakkaasti¹⁶⁹.

Hiilidioksidin lisäksi tärkeää on kiinnittää huomioita myös muiden, voimakkaampien kasvihuonekaasujen, kuten metaanin ja typpioksiduulin muodostumiseen. Metaani on 35 kertaa hiilidioksidia tehokkaampi kasvihuonekaasu ja typpioksiduuli vahvuudeltaan jopa lähes 300 kertaa voimakkaampaa kuin hiilidioksidi. Lisäksi typpioksiduuli toimii ilmakehässä noin vuosisadan, ja se vahingoittaa ultraviolettisäteilyltä suojaavaa otsonikerrosta. Etenkin typpioksiduulipäästöjen mittaaminen maaperästä on haastavaa, sillä päästöissä on suurta ajallista ja paikallista vaihtelua.

Yleisesti suomalaisten kivennäismaiden päästöt ovat näiden kaasujen osalta pieniä ja kivennäismaat nähdään metaanin ja typpioksiduulin nieluina^{170,171}. Typpioksiduulia muodostuu sekä nitrifikaation, että denitrifikaation tuloksena. Happamissa metsämaissa denitrifikaatio ei mene loppuun saakka, jolloin prosessin lopputuloksena syntyy enemmän typpioksiduulia verrattuna ilmastolle harmittomampaan N₂-kaasuun¹⁷².

Metsänhoidon keinot, kuten puulajivalinnat ja lannoitus, saattavat vaikuttaa metsämaan typen määriin ja maan happamuuteen. Muutokset happamuudessa saattaa muuttaa myös typen kierron prosesseissa muodostuvien kaasujen N₂O/N₂ suhdetta. Happamissa maissa on todettu muodostuvan enemmän haitallisempaa typpioksiduulia verrattuna molekulaariseen tyypeen¹⁷³.

Kivennäismaiden alhaiset typpioksiduulipäästöt perustuvat metsämaan vähäiseen nitrifikaatioon. Esimerkiksi lannoituksella ei ajatella olevan suuresti vaikutusta typpioksiduulipäästöihin. Kuitenkin kohteilla, joilla typpilannoitus saattaa edistää nitrifikaatiota, pitäisi välttää lannoitusta¹⁷⁴. Tämän lisäksi ilmastomuutos vaikuttaa lämpenemisen, kosteusolojen ja muutosten kautta typen kiertoon. Näiden tekijöiden mahdollisista yhteyksistä ja haittojen ehkäisystä metsänhoidollisin keinoin ei ole tarpeeksi tutkimustietoa.

Luonnontilaiset turvemaat toimivat kokonaisuudessaan hiilinieluna, mutta niiden kuivatus saattaa muuttaa ne hiilen lähteiksi. Tähän vaikuttaa alueen maankäyttö, maan ravinteisuudesta ja vallitseva ilmasto. Kun turvemaata kuivatetaan, sen seurauksena pohjavedenpinnan laskee ja turve altistaa hapelle. Tämä kiihdyttää eloperäisen aineksen maatumista ja hiilidioksidin vapautumista. Samanaikaisesti vapautuu myös typpioksiduulia. Turvemailla hiilidioksidin lisäksi myös metaanin ja typpioksiduulin kaasupäästöt voivat kasvaa suuriksi.

¹⁶⁹ Salko, S. 2020. Autotrofisen ja heterotrofisen maahengityksen kehittyminen kuivuudessa boreaalisen metsämännyn (*Pinus sylvestris*) kasvualustalla. Maisterin tutkielma. Helsingin Yliopisto.

¹⁷⁰ Pihlatie, M., Pumpanen, J., Rinne, J., Ilvesniemi, H., Simojoki, A., Hari, P., and Vesala, T. 2007. Gas concentration driven fluxes of nitrous oxide and carbon dioxide in boreal forest soil, *Tellus B*, 59, 458–469.

¹⁷¹ Tupek, B., Minkkinen, K., Pumpanen, J., Vesala, T., and Nikinmaa, E. 2015. CH₄ and N₂O dynamics in the boreal forest–mire ecotone. *Biogeosciences*, 12, 281–297.

¹⁷² Šimek H, Cooper, JE 2002. The influence of soil pH on denitrification: progress towards the understanding of this interaction over the last 50 years. *Eur J Soil Sci* 53: 345–354.

¹⁷³ Smolander A. 2018. Typpilannoitus metsämaan viljavuuden parantajana – kestävyysnäkökohtia maan ja ympäristön kannalta. *Metsätieteen aikakauskirja* 2018–20080. Tieteen tori. 8 s.

¹⁷⁴ Smolander A. 2018. Typpilannoitus metsämaan viljavuuden parantajana – kestävyysnäkökohtia maan ja ympäristön kannalta. *Metsätieteen aikakauskirja* 2018–20080. Tieteen tori. 8 s.

Oikein tehty ojitus myös lisää turvemaiden puuston kasvua, jolloin puuston hiilidioksidin sidonta kasvaa. Optimaalisella ojituksella voidaan pienentää suon metaanipäästöjä, mutta ojista tapahtuva metaanivuo voi jatkua edelleen. Karuilla soilla maltillisella kuivatuksella sekä hyvin ohutturpeisilla soilla metsäojitus voi myös pitemmällä tähtäimellä olla hiilineutraalia. Jos metsätaloutta karuilla kasvupaikoilla ei pidetä taloudellisesti kannattavana, suo voidaan hyvällä omallatunnolla jättää itsekseen ennallistumaan¹⁷⁵, koska ennallistaminen voi tuottaa ilmastohyötyjä pitkällä aikavälillä. Vaikka ennallistaminen säilyttää turpeen hiilivarastoa, sillä voi olla ensimmäiset vuosikymmenet ilmastoa lämmittävä vaikutus metaanipäästöjen ja puuston kasvun taantumisen takia.

Ravinteikkailta kasvupaikoilla puuston kasvun kannalta riittävä kuivatus (vedenpinta n. 30 cm) ylläpitää turpeen hävikkiä. Siten kuivatuksen ylläpito ja ojien kunnostus on ilmaston kannalta ongelmallista. Hyvin kasvava ravinteikas suometsä (maaperä ja puusto yhteensä) on kuitenkin yleensä kasvihuonekaasujen nielu tai neutraali, minkä takia välitön suon ennallistaminenkaan ei ole perusteltu tai nopea ratkaisu ilmastomuutoksen torjumiseksi¹⁷⁶. Lopulta tarkoituksena on löytää menetelmä, jolla pystytään optimoimaan vesipinnan korkeus niin, että kaikkien mainittujen kaasujen päästöt ovat mahdollisimman tasapainossa ilmastovaikutusten kannalta¹⁷⁷.

Vesihöyry on tärkein luonnollinen kasvihuonekaasu. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu muuttaa merkittävästi puiden vesitaloutta. Hiilidioksidi ja vesihöyry kulkevat samaa reittiä kasviin, jolloin suurempi hiilen saatavuus yhteytyksessä merkitsee myös suurempaa veden hukkaa. Säätelemällä ilmarakojen aukioloa kasvit maksimoivat veden käytön tehokkuutta.

Kasvukauden pituuden, lehtien pinta-alan lisääntymisen ja ilmaston lämpenemisestä johtuvan puiden lisääntyneen haihdunnan on todettu lisäävän kasvien veden hukkaa ja tasoittavan vedenkäytön tehokkuudesta saatavaa hyötyä. Näin ollen on epätodennäköistä, että kasvien reaktio ilmakehän kohonneeseen hiilidioksidipitoisuuteen vähentäisi vesihöyryn haihtumista ilmakehään ja lisäisi näin maaperän kosteutta¹⁷⁸. On myös esitetty, että hiilidioksidin määrän noususta johtuva kasvunlisäys voi kääntyä laskuun, mikäli vedenpuute alkaa rajoittamaan puiden kasvua¹⁷⁹. Kasvava hiilidioksidin määrä ja puuston kasvunlisäys voi myös lyhentää puiden elinikää ja näin ollen pienentää metsän hiilinieluvaikutusta¹⁸⁰.

Metsistä ilmaan haihtuu myös orgaanisia hiilivety-yhdisteitä (VOC-yhdisteet) ja ne voivat vaikuttaa paikalliseen ja alueelliseen ilmanlaatuun, koska ne reagoivat ilmakehän hapettavien yhdisteiden kanssa. Niiden reaktiotuotteet voivat myös osallistua uusien hiukkasten muodostumiseen ja kasvuun, millä voi olla vaikutusta ilmakehän säteilytaseeseen ja tätä kautta myös ilmastoon. Hiukkaset absorboivat ja sirottavat auringon säteilyä ja maapallon lämpösäteilyä minkä lisäksi ne vaikuttavat pilvien säteilyominaisuuksiin, määrään ja elinikään. Päästöt seuraavat lämpötilan keskimääräistä vaihtelua ja

¹⁷⁵ Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider, H., ja Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi, Tutkijajaneeli 2, Ojitettujen soiden kasvihuonepäästöistä ja uudistamisesta.

¹⁷⁶ Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider, H., ja Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi, Tutkijajaneeli 2, Ojitettujen soiden kasvihuonepäästöistä ja uudistamisesta.

¹⁷⁷ Leppä et al. 2020. Vegetation controls of water and energy balance of a drained peatland forest: Responses to alternative harvesting practices. *Agricultural and Forest Meteorology* 295, 108198.

¹⁷⁸ Frank, D., Poulter, B., Saurer, M. et al. 2015. Water-use efficiency and transpiration across European forests during the Anthropocene. *Nature Clim Change* 5, 579–583.

¹⁷⁹ viitattu 16.11.2020 <https://blogs.uef.fi/forest-issues/2019/01/10/mista-metsien-parantunut-kasvu-johtuu/>.

¹⁸⁰ Brienen, R.J.W., Caldwell, L., Duchesne, L. et al. 2020. Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs. *Nat Commun* 11, 4241.

niiden on todettu olevan suurimmillaan maan eteläosissa ja laskevat tasaisesti pohjoiseen siirryttäessä.

Metsän isopreenipäästö on suhteellisen pieni – Suomessa tärkein isopreeniä päästävä puu on vähäpäästöinen kuusi, koska runsaspäästöisten pajun ja haavan osuus metsän lehtimassasta on hyvin pieni. Seskviterpeenipäästöt alkavat keskikesällä ja ovat kasvukauden aikana samaa suuruusluokkaa kuin isopreenipäästöt. Vuositasolla Suomen metsien VOC-päästöt ovat noin kaksinkertaiset ihmistöiminnasta aiheutuviin päästöihin verrattuna¹⁸¹.

Ydinasiat liittyen ilmastomuutoksen hillintään

- Metsänhoidollisilla keinoilla on mahdollista vaikuttaa ilmastomuutoksen hillintään, puuston kasvuun ja metsäekosysteemin hiilen kiertoon.
- Ilmastomuutoksen hillinnällä tarkoitetaan ihmisen toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi tai niiden nielujen lisäämiseksi.
- Ilmastomuutoksen hillinnässä pääpaino nähdään hiilessä ja hiilidioksidipäästöissä, mutta tärkeää on kiinnittää huomiota myös muihin kasvihuonekaasupäästöihin.
- Metsissä hiili on varastoituneena puustoon, kasvillisuuteen ja maaperään.
- Metsien sisältämää hiiltä on mahdollista varastoida myös tuotteisiin.
- Puun käytöllä on myös korvausvaikutus, jolloin korvataan fossiilisia raaka-aineita ja materiaaleja.
- Tärkeitä yksittäisiä teemoja hillinnässä ovat suometsien käsittely ja vesitalouden hallinta, ja-lostettavan materiaalin käytön hyödyt, sekapuustoisuuden lisääminen sekä hiilensidontaa painottavat metsänkasvatusketjut.
- Hillinnän osalta on edelleen tiedonpuutetta useasta osa-alueesta, erityisesti hillinnän toimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksista maaperän hiilenkiertoon ja metsäluonnon monimuotoisuuteen

❖ Keskeiset muutostarpeet nykyisiin suosituksiin

- Ilmastomuutoksen hillinnän ja siihen liittyvien termien määrittelemine.
- Hillinnän toimien huomioiminen vähentäen hiilidioksidipäästöjä ja muut kasvihuonekaasupäästöjä (ennen kaikkea metaani ja typpioksiduuli).
- Metsänhoitomenetelmien korostaminen, jotka lisäävät hiilivirtaa metsämaahan ja vähentävät hiilivirtaa metsämaasta.
- Kuvaus ilmaston, maaperätekijöiden ja metsänhoitotoimenpiteiden yhteisvaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin, myös kivennäismailla
- Kuvataan metsänhoidon keinoja, joilla voidaan vaikuttaa metsien hiilensidontaan ja hiilenvarastointiin lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Tuodaan esille menetelmien hyötyjä ja riskejä.
 - Oikea-aikainen metsänhoito, erityisesti taimikoissa ja nuorissa metsissä
 - Lannoitus
 - Kiertoajan maltillinen lisääminen vaihtoehtoisena menetelmänä

¹⁸¹ Tarvainen, V. 2008. Development of biogenic VOC emission inventories for the boreal forest. Ilma-tieteen laitos - Finnish Meteorological Institute.

- Turvamailla liian pitkien ja vähäpuustoisten jaksojen sekä liian voimakkaan kuivatuksen välttäminen
- Rehevien turvemaiden vedenpinnan vakauttaminen n. 30-40 cm syvyydelle, jolloin optimoidaan kaikkien kasvihuonekaasujen (CO₂, CH₄, N₂O) muodostuminen ja turvataan puuston kasvu
- Vajaatuottoisten kivennäismaametsien tehokas uudistaminen kotimaisilla, jalostetuilla siemenillä ja taimilla tiheään puuston varmistamiseksi.
- Kuvataan hiilen varastoinnin mahdollisuudet erityisesti alueille, jotka ovat taloudellisesti vähämerkityksisiä hitaamman puuston kasvun vuoksi tai kohde on vaikeakulkuinen tai soveltuu suojeluun arvokkaiden luontoarvojen vuoksi
- Kuvataan ennallistamisen mahdollisuudet hillinnän näkökulmasta.

4.8 Tavoitteita metsänhoidon suositusten uudistettaville teemoille

Metsänhoidon suositusten sisältöjen uudistaminen vuosina 2021–2023 on tarkoitus toteuttaa osahankkeiden kautta, jotka on esitelty kuvassa 13. Niihin kuuluvat metsänhoitotoimenpiteiden ilmasto-vaikutusten kuvaaminen, metsityksen käytännöt, dynaamiset harvennusmallit ja uudistamisajankohdat, metsätuhoriskit ja niiden hallinta, suometsien hoidon kokonaisuus sekä sekametsien perustaminen ja hallinta.

Uudistettavien teemojen päivittäminen on aloitettu taustatiedon koonnilla 2020. Työn edetessä tarkennetaan myös muiden teemojen uudistamisen tarvetta. Näitä teemoja ovat energiapuun korjuun käytännöt, lannoitus, puunkorjuu ja metsätiestä muuttuvassa ilmastossa sekä puulajivalikoiman laajentaminen.

Metsänhoidon suositusten avainsisältöjen uudistaminen ilmastokestävyyden näkökulmasta



Kuva 13. Metsänhoidon suositusten uudistaminen osaprojekteittain ilmastokestävyyden näkökulmasta vuosina 2020–2023.

4.8.1 Metsänhoitotoimenpiteiden ilmastovaikutusten kuvaaminen

Metsänhoitotoimenpiteiden ilmastovaikutusten kuvaamisen tavoitteena on huomioida sekä sopeutumisen, että ilmastomuutoksen hillinnän keinot niin, että lisätään metsien ilmastokestävyyttä. Työssä huomioidaan myös näiden keinojen mahdolliset ristiriidat ja arvioidaan toimenpiteiden hyötyjä ja haittoja myös tästä näkökulmasta.

Uudistettavissa suosituksissa pyritään huomioimaan Suomen alueelliset erot entistä kattavammin. Alueellinen jako voidaan toteuttaa jakamalla Suomi kolmeen pienempään osa-alueeseen (Etelä-, Väli-, Pohjois-Suomi) vastaamaan Ilmatieteen laitoksen ja olemassa olevien suositusten käyttämää aluejakoa. Työssä huomioidaan kasvupaikkojen vaikutukset toimenpiteisiin, jonka vuoksi kivennäismaametsät ja suometset käsitellään erikseen.

Sopeutumisen metsänhoidolliset menetelmät on kuvattu nykyisissä suosituksissa kattavasti. Niiden osalta tietoa tulee päivittää vastaamaan nykyhetken tieteellistä ja käytännön tietoa. Ilmastomuutoksen hillinnän keinoja ei ole kuvattu nykyisissä suosituksissa.

Hankkeella on yhteenliittymä Metsäpolitiikkafoorumin 2019 suometsiä koskeviin tuloksiin sekä vuoden 2020 Metsäpolitiikkafoorumiin, jossa teemana on metsien terveys.

4.8.2 Suomettien hoidon kokonaisuus

Suomettien osalta toimenpiteiden arviointi kohdistuu ennen kaikkea ilmastomuutoksen hillinnän keinoihin. Meneillään olevan tutkimuksen osalta tähän on tulossa runsaasti uutta tietoa lähivuosien aikana. Hankkeella on yhteenliittymä Metsäpolitiikkafoorumin 2019 suometsiä koskeviin tuloksiin, jonka loppuraporttina tuotettiin suometsiä käsittelevä kokonaisanalyysi.

Suomettien hoidon kokonaisuuden uudistamisessa päivitetään olemassa oleva tutkimustieto käytössä olevien metsänhoidon menetelmien osalta sekä tarjotaan mahdollisia vaihtoehtoja perinteisten metsänkasvatusmenetelmien valikoimaan.

Tutkimuksen vahvistamat uudet metsänhoidolliset keinot korostavat suomettien vesitalouden säätelyä ja vaikutuksia kasvihuonekaasujen kehittymiseen. Vesitalouden säätelyllä pyritään vaikuttamaan kasvihuonekaasupäästöjen tasapainottamiseen ilmastonäkökulma huomioiden. Toimenpiteillä on vaikutusta myös vesien suojeluun, koska niillä pyritään vähentämään suomettien toimenpiteiden negatiivisia vaikutuksia kiintoaines- ja ravinnehuuhtoumiin.

Suomettien osalta korostuu tarve löytää soiden ojitusten rinnalle korvaavia vaihtoehtoja. Potentiaalisina korvaavina menetelminä nähdään aikaisempaa voimakkaammin jatkuvan kasvatuksen sekä luonnon uudistamisen lisääminen suometissä. Suomettien jatkuvana kasvatukseen siirryttäessä tulee huomioida hyödyt ja riskit ja tarkastella mm. kohteen ilmastollisia oloja, tuhoriskien mahdollisuuksia, kasvupaikan ominaisuuksia ja olemassa oleva puustoa.

Jatkuvan kasvatuksen lisäksi vesitaloutta voidaan pyrkiä säätämään tuhkalannoituksen avulla, jolloin lisätään olemassa olevan puuston haihdutuskapasiteettia. Suomettien lannoituksessa huomiota tulisi kiinnittää lannoituksen hidasliukoisuuteen sekä tuhkan rakeistamisen vaikutuksiin. Soiden ennallistaminen nähdään yhtenä vaihtoehtoisena menetelmänä ilmastomuutoksen hillinnän näkökulmasta ja sitä tulisi tarkastella suosituksia uudistettaessa.

4.8.3 Dynaamiset harvennusmallit ja uudistamisajankohdat

Osaprojektissa tullaan uudistamaan nykyiset metsänhoidon suositusten harvennusmallit ja uudistamisraja-taulukot. Harvennusmallit on perusteltua rakentaa nykyistä dynaamisemmiksi, jolloin niiden soveltaminen erityyppisissä valintatilanteissa ja puustoissa vastaa paremmin tarvetta. Nykytekniikka ja tarkka metsävaratieto mahdollistavat kuitenkin kohdekohtaisesti tarkennettujen mallien entistä paremman hyödyntämisen.

Puustoon sitoutuneen hiilen määrää voidaan kasvattaa kartuttamalla puustopääomaa, jota säädelään hakkuilla ja niiden voimakkuudella. Harvennusvoimakkuudella ja puulajivalinnan vaikutetaan myös metsien tuhonkestävyyteen.

Harvennusmallien ja uudistamisajankohtien tulisi pysytä jatkossa kuvaamaan, miten metsänkasvatuksessa voidaan painottaa ilmastonmuutoksen hillintää.

Uusissa harvennusmalleissa tulee huomioida uusimmat kasvumallit, puun hintatilastot ja metsänhoidon kustannukset. Edelliset harvennusmallit ja uudistamisraja-taulukot on laadittu vuonna 2006.

4.8.4 Metsityksen käytännöt

Metsitys nähdään keskeisenä toimenpiteenä metsäpinta-alan lisäämiseksi Suomessa ja siten keinona lisätä metsien hiilinieluja. Puuttomat suonpohjat ja erityisesti turvemaiden peltoteitot ovat hiilen päästölähteitä. Jos pintakasvillisuutta on vähän tai se on lähinnä ruohoja, alue ei kykene sitomaan maaperästä vapautuvia päästöjä. Hiilensidonta tehostuu puuston kasvaessa kookkaammaksi. Metsitys on siten pitkällä tähtäimellä merkittävä keino hiilensidonnassa.

Kaikkien erilaisten joutoalueiden metsityspotentiaali on suuri — Tapiossa tehdyn paikkatietoanalyysin perusteella jopa 120 000 ha. Metsänhoidon suosituksissa (2014, päivitetty 2019) on käsitelty kuitenkin ainoastaan pellonmetsitystä.

Metsityksen nyky-suositukset on tarkoitettu äskettäin peltoviljelystä poistuneille alueille. Pitkään viljellemättä olleille pelloille ja turvetuotannosta vapautuneille suonpohjille sekä muille joutoalueille tarvitaan omat metsityssuositukset, jotka poikkeavat nykyisistä pellonmetsityksen suosituksista.

Pintakasvillisuuden voimakas kasvu uhkaa useimmissa joutoalueiden metsityskohteissa tyrehdyttää puuntaimien kasvun. Jatkossa kemiallisten torjunta-aineiden käytön mahdollisuus on syytä säilyttää, koska menettely on monessa tapauksessa ainoa kustannustehokas vaihtoehto metsityksen onnistumiseksi. Suosituksen laadinnassa tulee määritellä, mitä torjunta-aineiden täsmäkäsittely tarkoittaa käytännön metsätaloudessa.

Suosituksia uudistettaessa tulee huomioida, että turvetuotannosta tulee todennäköisesti vapautumaan alueita, joilla turvetuotanto on jäänyt kesken. Tämän vuoksi turvekerros on paikka paikoin jäänyt paksuksi, mikä vaikuttaa puuston kasvuolosuhteisiin. Vaihtelevat kasvuolosuhteet on otettava huomioon metsityksen toteutuksessa.

Jatkossa suosituksissa tulee käsitellä myös lyhyesti lyhytkiertoviljelyn mahdollisuuksia. Tähän sisällytetään mm. hieskoivikoiden ja energiapajun kasvattaminen.

4.8.5 Metsätuhoriskit ja niiden hallinta

Osaprojektissa tullaan tarkentamaan tuhonaiheuttajien kuvauksia metsänhoidon suosituksissa sekä tarkentamaan tuhojen riskinhallinnan menettelyjä. Tärkeä näkökulma on paikkatiedon ja sääolosuhteiden nykyistä parempi hyödyntäminen metsätuhojen riskienhallinnassa.

Hankkeella on yhteenliittymä vuoden 2020 Metsäpolitiikkafoorumiin, jossa teemana on metsien terveys ja erityisesti riskien hallinta. Metsäpolitiikkafoorumin tulokset julkaistaan loppuraportissa vuoden 2021 alkupuolella. Loppuraporttiin ja mahdollisiin muihin uusiin tutkimuksiin pohjautuen suositukset uudistetaan tarvittavilta osin.

Uudistuksessa tulee ottaa huomioon jo olemassa olevien tuhojen leviäminen uusille alueille. Ilmastonmuutoksen on ennustettu näkyvän vahvasti mm. maan pohjoisosissa. Vaikutuksia tuleekin huomioida alueelliset erot huomioiden. Lisäksi täytyy huomioida mahdollisten uusien tuhojen (mm. tuohyönteiset) lisääntyminen.

4.8.6 Sekametsien perustaminen ja hallinta

Osaprojektissa tullaan tarkentamaan, millä tavoin metsänuudistamisessa voidaan tuottaa sekametsiä tavoitteellisesti ja miten niitä kannattaa käsitellä taimikonhoitovaiheessa sekä ensiharvennuksessa.

Suosituksissa tulisi selventää puulajisekoituksen tavoiteltavia osuuksia sekametsissä. Sekapuustoisuutta lisätessä tulee huomioida sekapuustoisuuden vaikutukset olemassa oleviin tuhojen aiheuttajiin ja vaikutukset mahdollisiin uusiin metsätuhoriskeihin. Esimerkiksi lehtipuustoisuuden lisääminen kasvattaa samalla sorkkaeläintuhojen määrää.

Ulkomaisista puulajeista, samoin kuin kotimaisten jalojen lehtipuiden osalta, on olemassa rajallinen määrä tutkimustietoa. Näitä on kuitenkin tarpeellista käsitellä uudistettavissa suosituksissa.

5 Johtopäätökset

Ilmastokestävä metsänhoito on ilmastonmuutoksen hillintää metsien avulla ja metsien sopeutumista muutokseen. Tavoitteena on ylläpitää metsäekosysteemien toimintakykyä tuottaa jatkuvasti hyödykkeitä ja palveluita metsästä¹⁸². Ilmastokestävässä metsänhoidossa kiinnitetään erityisesti huomiota puuston terveydestä ja elinvoimaisuudesta huolehtimiseen¹⁸³ sekä metsien hiilitaseeseen.

Metsänhoidon sopeutumiskeinot vahvistavat metsiä muuttuvassa ilmastossa parantaen niiden vastustuskykyä ilmastoperäisiin häiriöihin ja tuhoihin. Tämä tapahtuu edistämällä metsien geneettistä, rakenteellista ja toiminnallista sietokykyä ja monimuotoisuutta sekä metsikkö- että aluetasolla. Hillintä on yhdistelmä metsien hiilensitomiskyvyn ja hiilivaraston ylläpitoa sekä metsässä että puutuotteissa.

¹⁸⁴

Ilmastokestävässä metsänhoidossa¹⁸⁵

- varmistetaan metsien sopeutumista tulevaan ilmastoon niin, että pystytään vähentämään ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä ja hyödyntämään ilmastonmuutoksen aikaansaama puuston lisäkasvu.
- hillitään ilmastonmuutosta ylläpitämällä tai kasvattamalla metsien hiilensidontaa, sitomalla hiiltä puustoon ja maaperään, ehkäisemällä voimakkaiden kasvihuonekaasujen muodostumista metsäekosysteemeissä sekä tuottamalla uusiutuvaa raaka-ainetta. Puuraaka-aineella voidaan korvata uusiutumattomia raaka-aineita. Puuperäiset tuotteet toimivat myös hiilen varastona.

Metsien monimuotoisuuden vahvistaminen on tärkeä osa ilmastokestävyyttä. Mitä runsaampia, elinvoimaisempia ja monimuotoisempia metsät ovat, sitä paremmin ne pystyvät sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon.

Kokonaiskestävä metsänhoito edellyttää ilmastonäkökulman huomioimista metsien hoidossa ja käytössä. Metsänomistajille tämä tarkoittaa sopeutumista muuttuvaan ilmastoon ja sen vaikutuksiin metsiin. Oikeilla valinnoilla metsänomistaja voi vahvistaa metsiänsä sopeutumista ja sitä kautta kasvukuntoa ja monimuotoisuutta. Hillinnän osalta metsänomistajan tulee ratkaista, millä tavoin hän haluaa sitä painottaa päätöksenteossaan.

Tämän taustakoonnin perusteella on listattu seuraavia metsien ilmastokestävyyttä parantavat toimia, eivätkä ne näin ollen ole vielä valmiita suosituksia. Menettelyitä tullaan tarkentamaan jatkotyössä 2021–2023.

Tutkimussynteesin perusteella metsänhoidon ilmastokestävyyttä voidaan parantaa **sopeutumisen** näkökulmasta esimerkiksi seuraavilla keinoilla:

¹⁸² esim. Bodwich et. al. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. Ecosystem Services Volume 43.

¹⁸³ IPCC. 2014. Annex II: Glossary [Mach, K. J., Planton S. & von Stechow, C. (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland: 117–130. (pdf).

¹⁸⁴ esim. Bodwich et. al. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. Ecosystem Services Volume 43.

¹⁸⁵ Metsänhoidon suositukset – Metsien kestävä hoidon ja käytön perusteet. 2020. Tapion julkaisuja. Tapio Oy.

- Eri metsänkasvatuksen vaiheissa valitaan kasvatettavat puulajit kohdekohtaisesti aiempaa tarkemmin kasvuolosuhdetiedon pohjalta.
- Perustetaan tavoitteellisesti kuusi-koivu ja mänty-kuusi sekametsiä. Hyödynnetään luontainen taimiaines sekapuustoisuuden aikaansaamiseksi.
- Kohdistetaan kuusen istutus kasvupaikoille, joilla kuivuusriski on pieni, sekä vältetään laajojen kuusimetsiköiden syntymistä etenkin Etelä-Suomessa.
- Huolehditaan entistä paremmin maanmuokkauksen, viljelytyön sekä -materiaalin hyvästä laadusta. Tämä vähentää pienten taimien roustevaurioriskiä, jota ilmastonmuutos lisää.

Lisäksi keskipitkällä tähtäimellä metsänhoidon keinoin voidaan vähentää nykyisten ja tulevien metsien haavoittuvuutta erilaisille riskeille eli vahvistaa metsien kykyä kohdata muutos. Tämä tarkoittaa metsänhoidossa metsänomistajan kannalta erityisesti seuraavaa:

- Vältetään tilatasolla yksipuolista puustorakennetta käyttämällä metsiköissä monipuolisesti eri metsänkasvatuksen menetelmiä ja puulajeja.
- Käytetään metsänviljelyssä alueelle sopivinta jalostettua viljelymateriaalia aina, kun se on mahdollista.
- Noudatetaan ajantasaisia suosituksia puiden alkuperäsiirtojen osalta. Pitkiin etelä-pohjoissuuntaisiin alkuperäsiirtoihin liittyy ilmaston muuttuessa korostunut riski, että taimien sopeutumisessa on ongelmia.

Metsänhoidolla voidaan tutkimussynteesin perusteella **hillitä** ilmastonmuutosta seuraavin keinoin:

Vain lyhyellä (10 vuoden) aikavälillä

- myöhennetään uudistus- ja harvennushakkuita. Tämä edellyttää mm., että puusto on tervettä eivätkä sitä uhkaa merkittävät tuhot.
- myöhennetään ojien kunnostusta ojitetuissa suometsissä.

Lyhyellä (10 vuoden) ja sitä pidemmällä aikavälillä

- käytetään puuntuotantoa maksimoivia kiertoaikoja ja harvennushakkuun.
- uudistushakkuun jälkeen metsä uudistetaan heti. Tämä lyhentää uudistushakkuun jälkeistä hiilipäästöjaksoa ja edistää puuston hiilensidontaa.
- käytetään uudistamisessa jalostettua viljelymateriaalia. Näin on mahdollista lisätä puuntuotosta ja hiilensidontaa yli 30 %:lla jalostamattomaan materiaaliin verrattuna.
- suometsissä vältetään liian tehokasta kuivatusta ja käytetään hyväksi jatkuvan kasvatuksen menetelmiä siihen soveltuvilla kohteilla.
- metsänhoidolla vahvistetaan metsien tuhonkestävyyttä. Metsätuhot vähentävät metsikön kykyä sitoa hiiltä ja voivat muuttaa alueen päästölähteeksi.
- edistetään lahoppuun jäämistä metsään. Tämä kerryttää maaperän hiilivarastoa.
- lannoituksella lisätään puuston kasvua ja hiilensidontaa varttuneissa metsissä.

Kelvollisten puuttomien ja vähäpuustoisten joutomaiden metsittäminen hillitsee ilmastonmuutosta. Metsittämällä saadaan lisää hiiltä sitovaa metsäalaa. Etenkin puuttomat maataloudesta ja

turvetuotannosta vapautuneet turvemaat ovat hiilen päästölähde. Myös soiden ennallistaminen voi tuottaa ilmastohyötyjä.

Suosituksia tehdään metsänomistalähtöisesti ja suosituksissa tullaan nostamaan metsänomistajan arvojen ja tavoitteiden määrittely entistä tärkeämpään asemaan. Suositukset korostavat metsänomistajan päätäntävaltaa metsänhoidon menetelmien valintatilanteissa. Metsänomistaja-2020 tutkimuksessa esiin nousseet metsänomistajien tavoitteet ovat keskeinen tutkimustieto suositustyössä.

Lähteet

- Achat, D.L., Deleuze, C., Landman, G., Pousse, N., Ranger, J., and Augusto, L. 2015. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth – a meta-analysis. *For. Ecol. Manage.* 348, 124–141.
- Anderegg, W. R. L., Kane, J. M., and Anderegg, L. D. L. 2013. Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nat. Clim. Chang.* 3, 30–36.
- Andren, O., Kätterer, T. and Hyvönen, R. 2001. Projecting soil fauna influence on long-term soil carbon balances from faunal exclusion experiments. *Applied Soil Ecology*, Volume 18, 177-186.
- Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J. Kauppi, L. 2007. Bioenergian tuotannon uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. *Nykytilakatsaus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja.*
- Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. 2019. Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomessa. *Suomen Ilmastopaneeli, Raportti 1/2019.* Helsinki. 11 p.
- Astrup, R., Bernier, P.Y., Genet, H. et al. 2018. A sensible climate solution for the boreal forest. *Nature Clim Change* 8, 11–12.
- Beerling, D.J., Kantzas, E.P., Lomas, M.R. et al. 2020. Potential for large-scale CO₂ removal via enhanced rock weathering with croplands. *Nature* 583, 242–248.
- Belyazid, U., and Belyazid, S. 2013. Effects of climate change, nitrogen fertilization, whole-tree harvesting and stump harvesting on boreal forest ecosystems - A review of current knowledge and an evaluation of how these factors may influence the possibilities to reach the Swedish environmental objectives. *Belyazid Consulting and Communication AB.*
- Borken W, Matzner E, 2009. Reappraisal of drying and wetting effects on C and N mineralization and fluxes in soils. *Global change Biology* 15, 808-824.
- Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder, F., del Río, M., La Porta, N., Kluvankova, T., Lesinski, J., Motta, R., Pach, M., Panzacchi, P., Pretzsch, H., Temperli, C., Tonon, G., Smith, M., Velikova, V., Weatherall, A., and Tognetti, R. 2020. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. *Ecosystem Services*, Volume 43, 101113.
- Brady, P.V. 1991. The effect of silicate weathering on global temperature and atmospheric CO₂. *J. Geophys. Res.: Solid Earth* , 96 (B11).
- Brady NC, Weil RR, 1999. *The Nature and Properties of Soils.* 12th ed. New Jersey, USA: Prentice Hall Inc.
- Brienen, R.J.W., Caldwell, L., Duchesne, L. et al. 2020. Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs. *Nat Commun* 11, 4241.
- EU NIR 2019: European Union. National Inventory Report (NIR). <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2019> (21.1.2020)
- Filser, J., Faber, J. H., Tiunov, A. V., Brussaard, L., Frouz, J., De Deyn, G., Uvarov, A. V., Berg, M. P., Lavelle, P., Loreau, M., Wall, D. H., Querner, P., Eijsackers, H., and Jiménez, J. J. 2016. Soil fauna: key to new carbon models, *SOIL*, 2, 565–582.

FOREST EUROPE 2015. State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe FOREST EUROPE Liaison Unit Madrid. 314 s.

Frank, D., Poulter, B., Saurer, M. et al. 2015. Water-use efficiency and transpiration across European forests during the Anthropocene. *Nature Clim Change* 5, 579–583.

Henttonen, H, Nöjd, P. & Mäkinen, H. 2017. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory. *Forest Ecology and Management*, 386, 22-36.

Hildén M., Haavisto R., Harjanne, A., Juhola, S., Luhtala, S., Mäkinen K., Parjanne A., Peltonen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Tuomenvirta H. Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmastoriskien arviointien järjestämiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2018 Valtioneuvoston kanslia, 10.9.2018.

Hildén, M., Soimakallio, S., Seppälä, J. & Liski, J. 2016. Metsien hiilinielut otettava mukaan biotalouden kestävyystarkasteluihin. SYKE Policy Brief. 978-952-11-4582-7. <http://hdl.handle.net/10138/164752>

Hurmekoski E, Myllyviita T, Seppälä J, Heinonen T, Kilpeläinen A, Pukkala T, Mattila T, Hetemäki L, Asikainen A, Peltola H. 2020. Impact of structural changes in wood-using industries on net carbon emissions in Finland. *J Ind Ecol*.

Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., Hantula, J., Hynynen, J., Matala, J., Miina, J., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Niemistö, P., Nikula, A., Piri, T., Siitonen, J., Smolander, S., Tonteri, T., Uotila, K., Viiri, H. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management*, Volume 479.

Häggbloom, O., Härkönen, L., Joensuu, S., Keskisarja, V. & Äijö, H. 2020. Maa- ja metsätalouden vesitalouden suuntaviivat muuttuvassa ympäristössä. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2020:6.

Ilmastolaki (609/2015) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150609>.

IPCC. 2014. Annex II: Glossary [Mach, K. J., Planton S. & von Stechow, C. (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland: 117–130. (pdf).

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N.

Jandl, R., Vesterdal, L., Olsson, M., Bens, O., Badeck, F. & Rock, J. 2007. Review Carbon sequestration and forest management. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2, No. 017.

Kanerva S. 2007. Plant secondary compounds and soil microbial processes in carbon and nitrogen cycling in relation to tree species.

Kanninen, M. ja Puttonen, P. 2020. Lausunto tutkimuslaitosten raporteista.

Kansallinen metsästrategia 2025.

Kim, D.G, Vargas, R., Bond-Lamberty, B, and Turetsky, M.R. 2012. Effects of soil rewetting and thawing on soil gas fluxes: a review of current literature and suggestions for future research. *Biogeosciences* 9, 2459-2483.

- Kim, S., Sinclair, V. A., Räisänen, J. ja Ruuhela, R., 2018. Heat waves in Finland: present and projected summertime extreme temperatures and their associated circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 38: 1393–1408.
- Kohti hiilineutraaleja kuntia ja maakuntia (CANEMURE) -hanke. Ilmastoystävällisyyttä metsien käyttöön - julkaisu 6/2020. Julkaisija Suomen ympäristökeskus.
- Korhonen, Kari T.; Ihalainen, Antti; Ahola, Arto; Heikkinen, Juha; Henttonen, Helena M.; Hotanen, Juha-Pekka; Nevalainen, Seppo; Pitkänen, Juho; Strandström, Mikael; Viiri, Heli (2017-09) Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013.
- Korkiakoski, M., Ojanen, P., Penttilä T., et al. Impact of partial harvest on CH₄ and N₂O balances of a drained boreal peatland forest. 2020. *Agricultural and Forest Meteorology*.
- Kosunen M. 2020. Insect and storm disturbance in boreal forests — predisposing site factors and impacts on ecosystem carbon. *Dissertationes Forestales* 300. 48 p.
- Lehmann, J. and Possinger, A. 2020. Removal of atmospheric CO₂ by rock weathering holds promise for mitigating climate change. *Nature* 583, 204–205.
- Lehtonen, I., Venäläinen, A. ja Gregow, H. 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. *Ilmatieteen laitos, Raportteja* 2020:5. 41 s.
- Leppälampi-Kujansuu J. 2014. Norway spruce fine root dynamics and carbon input into soil in relation to environmental factors.
- Liski, J., Lehtonen, A., Palosuo, T., Peltoniemi, M., Eggers, T., Muukkonen, P., Mäkipää, R. 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 – an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Annals of Forest Science* 63: 687–697.
- Lundström, U.S., Van Breemen, N., Bain, D. 2000. The podzolization process. A review. *Geoderma*. 94, 91–107.
- Luyssaert, S., Marie, G., Valade, A., Chen, Y.-Y., Njakou Djomo, S., Ryder, J., Otto, J., Naudts, K., Lansø, A. S., Ghattas, J. ja McGrath, M. J., 2018. Trade-offs in using European forests to meet climate objectives. *Nature*, 562: 259–262.
- Metsänhoidon suositukset – Metsien kestävä hoidon ja käytön perusteet. 2020. Tapion julkaisuja. Tapio Oy.
- Millar, C.I., N.L. Stephenson, and S.L. Stephens. 2007. Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecol. Appl.* 8, 2145–2151.
- Mönkkönen, M., Halme, P., Burgas, D., Kotiaho, J. 2020. Lausunto tutkimusselvityksestä. Jyväskylän Yliopisto.
- Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., Kojola, S., Sarkkola, S., Launiainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, R., Miettinen, J., Ollikainen, M., 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *For. Ecol. Manag.* 424, 78–84.
- Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider, H., ja Päivinen, R. 2020. Suometisien kokonaisanalyysi, Tutkijaneeli 2, Ojitettujen soiden kasvihuonepäästöistä ja uudistamisesta.
- Pan Y., Birdsey R.A., Fang J., Houghton R., Kauppi P.E., Kurz W.A., Phillips O.L., Shvidenko A., Lewis S.L., Canadell J.G., Ciais P., Jackson R.B., Pacala S.W., McGuire A.D., Piao S., Rautiainen A., Sitch S., Hayes D. 2011. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science* 333: 988 LP – 993. Paul EA, Clark FE, 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. 2nd ed. San Diego, USA: Academic Press.

- Paradis, L., Thiffault, E., Achim, A. 2019. Comparison of carbon balance and climate change mitigation potential of forest management strategies in the boreal forest of Quebec (Canada), *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92, 264–277.
- Pihlatie, M., Pumpanen, J., Rinne, J., Ilvesniemi, H., Simojoki, A., Hari, P., and Vesala, T. 2007. Gas concentration driven fluxes of nitrous oxide and carbon dioxide in boreal forest soil, *Tellus B*, 59, 458– 469.
- Piri, T. 2020. Kuinka metsänhoidolla voidaan rajoittaa juurikäävän leviämistä? *Metsätieteen Päivä 20.10.2020. Metsien terveys nyt ja tulevaisuudessa*.
- Prescott, C., Zabek, L., Staley, C. and Kabzems, R. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. *Canadian Journal of Forest Research*. 30(11): 1742-1750.
- Ranius, T., Hämäläinen, A., Egnell, G., Olsson, B., Eklöf, K., Stendahl, J., Rudolphi, J., Stens, A., and Felton, A. 2018. The 372 effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Environmental Management* 209, 409-425.
- Saksa, T. (toim.) 2020. Ilmastomuutos ja metsänhoito: Yhteenvedo ilmastomuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 98/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 48 s.*
- Salko, Sini. 2020. Autotrofisen ja heterotrofisen maahengityksen kehittyminen kuivuudessa boreaalisen metsämännyn (*Pinus sylvestris*) kasvualustalla. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Metsätieteiden osasto.
- Santopuoli, G., Temperli, C., Alberdi, I., Barbeito, I., Bosela, M., Bottero, A., Klopčič, M., Lesinski, J., Panzacchi, P. and Tognetti, R. 2020. Pan-European Sustainable Forest Management indicators for assessing Climate-Smart Forestry in Europe. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Schneider, H. ja Päivinen, R. 2020, Suometsien kokonaisanalyysi, loppuraportti. *Tapion raportteja nro 38*.
- Seppälä, J., Heinonen, T., Pukkala, T., Kilpeläinen, A., Mattila, T., Myllyviita, T., Asikainen, A., Peltola, H. 2019. Effect of increased wood harvesting and utilization on required greenhouse gas displacement factors of wood based products and fuels. *Journal of Environmental Management* 247: 580–587.
- Šimek H, Cooper, JE 2002. The influence of soil pH on denitrification: progress towards the understanding of this interaction over the last 50 years. *Eur J Soil Sci* 53: 345-354.
- Smolander A. 2018. Typpilannoitus metsämaan viljavuuden parantajana – kestävyysnäkökohtia maan ja ympäristön kannalta. *Metsätieteen aikakauskirja 2018-10080. Tieteen tori. 8 s.*
- Smolander A., Henttonen H.M., Martikainen P.J. 2020. Hitaasti tyypeä vapauttavan ureaformaldehydin vaikutuksista puuston kasvuun, maaperään ja ympäristöön. *Metsätieteen aikakauskirja 2020-10219. Katsaus. 17 s.*
- Smolander, A., Törmänen, T., Kitunen, V., and Lindroos, A.-J. 2019. Dynamics of soil nitrogen cycling and losses under Norway spruce logging residues on a clear-cut. *For. Ecol. Manage.* 449, 117444.
- Tarvainen, V. 2008. Development of biogenic VOC emission inventories for the boreal forest. *Ilmatieteen laitos - Finnish Meteorological Institute*.
- Thiffault, E., Hannam, K.D., Pare, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G., and Brais, S. 2011. Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests – a review. *Environ. Rev.* 19, 278–309.
- Tilastokeskus, 2020. Statistics Finland: Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990–2018, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto protocol, Helsinki. 2020.

- Tupek, B., Minkkinen, K., Pumpanen, J., Vesala, T., and Nikinmaa, E. 2015. CH₄ and N₂O dynamics in the boreal forest–mire ecotone. *Biogeosciences*, 12, 281–297.
- Turunen, J. 2008. Development of Finnish peatland area and carbon storage 2000. *Boreal Environment Research* 13: 319–334.
- Törmänen, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Heikkinen, J., and Smolander, A., 2018. How do logging residues of different tree species affect soil N cycling after final felling? *For. Ecol. Manage.* 427, 182–189.
- Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V., ja Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of The Total Environment*.
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P., ja Peltola, H., 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: a literature review. *Global Change Biology*, 8: 4178–4196.
- Venäläinen A., Lehtonen I., Laapas M., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P., Peltola H. 2020. Ilmastonmuutos lisää metsätuhojen riskejä Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020-10454. Tieteen tori. 9 s.
- Wall, A. 2008. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clear-cutting in a Norway spruce stand. *For. Ecol. Manage.* 256, 1372–13.
- Walker, X. J., Baltzer, J. L., Cumming, S. G., Day, N. J., Ebert, C., Goetz, S., ... Mack, M. C. 2019. Increasing wildfires threaten historic carbon sink of boreal forest soils. *Nature*, 572, 520– 523.
- Ylihalla ja Mokma, 1998. Soil temperature regimes in Finland. *Agricultural and food soil science in Finland*. vol. 7, 507-512.
- Yousefpour, R., Augustynczyk, A.L.D., Reyer, C.P.O. et al. 2018. Realizing Mitigation Efficiency of European Commercial Forests by Climate Smart Forestry. *Sci Rep* 8, 345.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. *Metsänhoidon suositukset*. Tapion julkaisuja.
- Økland, B., Flø, D., Schroeder, M., Zach, P., Cocos, D., Martikainen, P., Siitonen, J., Mandelshtam, M.Y., Musolin, D.L., Neuvonen, S., Vakula, J., Nikolov, C., Lindelöw, Å., Voolma, K., 2019. Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology* afe.12331-afe.12331.

Liitteet

Liite 1 – Ilmasto ja Metsänhoidon suositukset - aloitustilaisuus

Liite 2 – Tutkijatyöpajojen yhteenveto

Liite 3 – Pyöreän pöydän tulosityhteenveto

Liite 4 – Ruotsin metsäohjelman tarkasteluraportti

Liite 5 – Tutkimussynteesi

Liite 6 – Ilmatieteen laitoksen raportti Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta

Liite 7 – Luonnonvarakeskuksen ja Suomen Ympäristökeskuksen raportti Ilmastonmuutos ja metsänhoito: Yhteenveto ilmastonmuutoksen vaikutuksista metsänhoitoon



Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

tapio@tapio.fi

www.tapio.fi