

PTT raportteja
PTT reports
PTT rapporter

273

Laturi Jani, Aalto Laura, Horne Paula, Kinnunen Pekka, Kujala Päivi, Sen Tuuli

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman kustannusvaikutusten arviointi



Helsinki 2022

PTT raportteja 273

PTT reports 273

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman kustannusvaikutusten arviointi

Laturi Jani, Aalto Laura, Horne Paula, Kinnunen Pekka, Kujala Päivi,
Sen Tuuli

Helsinki 2022

Pellervon taloustutkimus PTT

Eerikinkatu 28 A

00180 Helsinki

Puh. 09-348 8844

Faksi 09-3488 8500

Sähköposti ptt@ptt.fi

ISBN 978-952-224-238-9

ISSN 2489-9615

Laturi, J., Aalto, L., Horne, P., Kinnunen, P., Kujala, P., Sen, T. 2022. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman kustannusvaikutusten arviointi. PTT raportteja 273.

Tiivistelmä

Raportissa arvioidaan maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman (MISU) valmistelussa tarkasteltua 27 erilaista maatalouden ja metsätalouden ilmastotoimea. Toimenpiteet arvioitiin yksittäin niiden ilmastovaikuttavuuden, kustannusvaikuttavuuden sekä yhteiskunnan ja maanomistajien kannalta toimenpiteen käyttöönoton hyväksyttävyydenosalta. Näiden kriteerien perusteella kymmenen käyttökelpoisinta toimenpidettä mahdollistaisivat arviolta 5,2 milj. t CO₂-ekv. vuotuisen ilmastohyödyn aikaan saamisen vuonna 2035, mikä ylittää maankäyttösektorille asetetun tavoitteen 73 prosentilla. Kymmenestä käyttökelpoisemmista neljä on metsätoimenpidettä, viisi liittyy maankäytönmuutokseen sekä yksi on maatalouden toimenpide. Raivausten väheneminen, kivennäismaiden joutoalueiden metsitys, nurmien viljelyn lisääminen turvepelloilla sekä heikkotuottoisten turvepeltojen metsitys ja muuttaminen kosteikoiksi saivat myönteisiä arvioita kaikkien kolmen arviointikriteerin mukaan. Ilmastotoimenpiteiden muut ympäristövaikutukset ovat arvioitu MISU:n SOVA-raportissa (Laine ym. 2022).

Asiasanat:

maankäyttösektori, toimenpiteet, ilmastonmuutoksen hillintä, kustannukset, hiilensidonta, ohjauskeinot.

Esipuhe

Ilmastonmuutoksen hillintä on osa kaikkien yhteiskunnan sektorien toimintaa ja suunnitelmia nykypäivänä. Suomi on sitoutunut omalla ohjelmallaan hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä ja Euroopan komission julkaisema ilmastopaketti Fit for 55 tavoittelee nettopäästöjen 55 prosentin vähennystä vuoteen 2030 mennessä. Kummassakin ohjelmassa maankäyttösektorilla on merkittävä rooli. Maankäyttösektorille laaditaan vuoden 2022 kuluessa ilmastosuunnitelma (MISU), jossa määritetään ne keinot, joihin panostamalla vähennetään maankäyttösektorin ilmastopäästöjä sekä vahvistetaan hiilinieluja ja -varastoja Suomessa. Tutkimus erilaisten maankäyttösektorin toimenpiteiden vaikutuksista on vasta käynnissä, eikä kaikkien toimenpiteiden ilmasto- ja kustannusvaikutuksista ole vielä tietoa. MISU:n valmistelun tueksi eri toimenpiteiden vaikutuksista tarvitaan kuitenkin arvioita. Tämä raportti osana Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmanvaikutuksien arviointi -selvityshanketta tarkastelee eri toimien kustannusvaikutusta sen tiedon valossa mitä oli saatavilla työn aikana. Hankekonsortiossa oli PTT:n lisäksi mukana Gaia Consulting Oy, joka koordinoi hanketta ja vastasi SOVA-prosessiin kuuluvasta ympäristövaikutusten arvioinnista. Gaian osuus on raportoitu erillisenä raporttina Laine ym. (2022).

Hanke ja sen tuloksia esittelevä raportti eivät olisi toteutuneet ilman hankkeelle myönnettyä rahoitusta sekä ohjausryhmän ja tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden panosta. Haluankin kiittää PTT:n ja hankkeen tutkijoiden puolesta hanketta rahoittanutta maa- ja metsätalousministeriötä ja sen virkamieskuntaa hyvästä yhteistyöstä hankkeen aikana. Yhteistyö Gaia Consulting Oy:n tiimin kanssa on ollut antoisaa ja jouhevaa, hankkeen koordinaattori Anna Laine ansaitsee erityiskiitoksen hyvin johdetusta työstä.

Markus Lahtinen
Toimitusjohtaja

Sisältö

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Johdanto ja arvioinnin tavoitteet | 7 |
| 2 | Arvioinnin kohde | 12 |
| 3 | Arvioinnin viitekehys ja toteuttaminen | 14 |
| 3.1 | Ilmastovaikutukset | 14 |
| 3.2 | Kustannusvaikutukset | 15 |
| 3.3 | Kustannusvaikuttavuuden arviointi | 16 |
| 4 | WAM-toimenpiteet | 17 |
| 4.1 | Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta | 17 |
| 4.2 | Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta | 19 |
| 4.3 | Tehdään rehevien korpien harvennusalasta 30% yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen | 21 |
| 4.4 | Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä | 24 |
| 4.5 | Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta | 26 |
| 4.6 | Vähennetään kivennäismaapellon raivausta | 28 |
| 4.7 | Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä | 29 |
| 4.8 | Lisätään hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") pellon metsitystä | 31 |
| 4.9 | Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot) | 32 |
| 4.10 | Lisätään kivennäismaapellon metsitystä | 34 |
| 4.11 | Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5–10 cm) | 36 |
| 4.12 | Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot) | 38 |
| 4.13 | Siirretään kivennäismaapeltoa vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot) | 40 |
| 4.14 | Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla | 41 |
| 4.15 | Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko) | 43 |
| 4.16 | Lisätään kerääjäkasvien käyttöä | 45 |
| 4.17 | Lisätään maanparannus- ja saneerauskasveja | 46 |
| 4.18 | Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla | 47 |
| 4.19 | Lisätään viherlannoitusnurmien viljelyä | 49 |
| 4.20 | Lisätään biokaasunurmien viljelyä | 50 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | HYPERHIILI-toimenpiteet | 52 |
| 5.1 | Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsissä | 52 |
| 5.2 | Siirytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa | 53 |
| 5.3 | Parannetaan metsätuhoriskien arviointia ja hallintaa | 55 |
| 5.4 | Pidennetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmastovaikutus 2) kohteilla joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus) | 57 |
| 5.5 | Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä | 59 |
| 5.6 | Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)..... | 61 |
| 5.7 | Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut) | 63 |
| 6 | Tulosten yhteenveto | 65 |
| | Lähteet | 76 |
| | Liitteet | 86 |

1 Johdanto ja arvioinnin tavoitteet

Raportti on osa maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman vaikutuksien arviointia ja täydentää Gaia Consulting oy:n tekemää SOVA-lain mukaista ympäristöselostetta (Laine ym. 2022). Arvioinnin kohteena on maa- ja metsätalousministeriön Marinin hallitusohjelman mukaisesti valmisteleva maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma vuosille 2022–2030. Tavoitteena on saavuttaa vuoteen 2035 mennessä vähintään 3 Mt CO₂e:n positiiviset ilmastovaikutukset maankäyttösektorilla päästöjen vähentämisen ja hiilinielujen sekä -varastojen lisäämisen avulla. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma edistää Suomen hiili-neutraalisuustavoitteen 2035 toteutumista.

Ilmastosuunnitelma sisältää eri maankäyttöluokilla toteutettavia toimia, jotka kohdistuvat metsiin, maatalouteen sekä maankäytön muutoksiin. Osa näistä toimenpiteistä kohdistuu toimintaan tai pinta-alalle, joka on yhteiskunnan tukien piirissä ja osa on puhtaasti markkinaehtoisia toimia. Raportti tuottaa ilmastosuunnitelman valmistelun ja päätöksenteon tueksi arviot maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteiden ilmastovaikutuksista, kustannusvaikutuksista, kustannusvaikuttavuudesta, hyväksyttävyydestä sekä poliittisen ohjauksen mahdollisista keinoista toimien toteuttamiseksi. Gaian laatima SOVA-lain mukainen ympäristöseloste sisältää suunnitelmaan kuuluvien toimien vaikutukset:

- ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen, virkistysarvoihin
- maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen
- yhdyskuntarakenteeseen, rakennettuun ympäristöön, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön
- luonnonvarojen hyödyntämiseen

Työn rajaus ei salli tieteellisen tarkkaa kuvaa ilmastotoimien ilmastovaikutuksista tai ota huomioon kaikkia toimenpiteistä koituvia kustannusvaikutuksia. Arviot on kuitenkin pyritty laatimaan sellaisiksi, että niiden perusteella voidaan tunnistaa kustannusvaikuttavuuden kannalta parhaat toimet ja vertailemaan toimenpiteiden ilmasto- ja kustannusvaikutuksia keskenään.

Raportin tarjoaman kustannusvaikuttavuusanalyysin avulla poliittisessa päätöksenteossa on mahdollista painottaa niitä maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteitä, joilla voidaan saavuttaa mahdollisimman suuri positiivinen ilmastovaikutus mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Kun ilmastotoimista valitaan tavoitellun ilmastovaikutuksen tuottavat ja kustannustehokkaimmat toimenpiteet,

vaikutus yhteiskunnan kokonaisyhyvinvointiin on paras mahdollinen ja resursseja säästyy muiden hyvinvoinnin kannalta tärkeiden tavoitteiden edistämiseen. Raportissa arvioidut ilmastovaikutukset antavat kuvan toimenpiteiden vaikutuksista maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöihin ja nieluihin. Kustannusvaikutuksista on huomioitu toimenpiteen suorat toteuttamiskustannukset, vaikutukset maanomistajan tuloihin ja julkisen sektorin menoihin. Kustannusvaikuttavuus vertaa ilmastovaikutusta suhteessa kustannusvaikutuksiin. Hyväksyttävyyttä ja poliittisia ohjauskeinoja on arvioitu laadullisesti sekä toimenpiteen toteuttamisen kannattavuuteen perustuen.

Ilmastotoimet ovat maankäyttösektorilla perusteltuja, sillä maankäytöstä nykyisellään aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä sekä hiilinielujen pienentymistä, jotka kiihdyttävät ilmastonmuutosta. Ilmastonmuutoksesta seuraavat taloudelliset kustannukset ja muut haitat voidaan nähdä markkinoiden epätäydellisyyksien vuoksi talouden toiminnasta syntyvinä negatiivisina ulkoisvaikutuksina. Toisaalta maankäyttösektori tuottaa positiivisia ulkovaikutuksia sellaisten toimenpiteiden yhteydessä, jotka lisäävät biomassan määrää maankäyttösektorin maa-alalla ja siten hiilen sitoutumista. Kun maanviljelijä tai metsänomistaja tekee päätöksiä maankäytöstä, ei päätöksentekoympäristö nykyisellään ohjaa häntä huomioimaan kaikkia ilmastovaikutuksista koituvia haittoja ja hyötyjä. Nämä vaikutukset jakautuvat globaalisti ja näkyvät jo nyt. Perimmäisenä syynä tilanteeseen ovat markkinoiden epätäydellisyydet, ja se että hiilinieluille ja hiilipäästöille ei ole muodostunut hintaa maankäyttösektorilla. Tilanteen korjaaminen on mahdollista muokkaamalla päätöksentekoympäristöä sellaiseksi, että ilmastovaikutuksista koituvat haitat ja hyödyt tulevat huomioiduksi.

Negatiivisten ulkoisvaikutusten torjunta ja positiivisten ulkoisvaikutusten tukeminen on markkinoiden toimintaa tehostavaa ja hyvinvointia kasvattavaa politiikkaa. Maankäyttösektorin tapauksessa julkisella sektorilla on hyvät valmiudet päätöksentekoympäristön muokkaamiseen, sillä maankäyttösektorin toimintaa ja sen tuotantoa ohjataan jo nykyisellään merkittävästi. Maatalouden tukien osuus oli 37 prosenttia maatalouden liikevaihdosta vuonna 2019 ja alustavien tietojen mukaan 35 prosenttia vuonna 2020 (Luonnonvarakeskus, 2022). Metsätaloudessa tukien osuus vuonna 2020 oli 2,4 prosenttia vuotuisista bruttokantorahatuloista (SVT, Yksityismetsätalouden liiketulos). Päätöksentekoympäristöä voidaan muokata tukien, sääntelyn, verojen tai informaatio-ohjauksen kautta. Maankäyttösektorilla on jo tällä hetkellä käytössä taloudellisia ohjauskeinoja ja lisäksi lainsäädännöllisiä kielloja ja rajoitteita. Taloudelliset ohjauskeinot ovat markkinaehtoisia ja niiden tarkoitus on ohjata päästöjen vähennyksiin tai hiilinielujen lisäämiseen siellä, missä se on tehokkainta. Kiellot ja rajoit-

teet sen sijaan eivät huomioi talouden toimijoiden välisiä eroja päästöjen vähentämisen kustannuksissa. Sääntely rajoittaa toimijan päätöksentekoa ja voi siten toimia esteenä mahdollisimman kustannustehokkaille ilmastotoimille. Informaation lisäämisellä esimerkiksi koulutusten ja vaikuttamisviestinnän kautta taas voidaan pyrkiä vaikuttamaan päätöksenteon taustalla olevaan tietopohjaan sekä sosiaalisiin normeihin.

Koska maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet kohdistuvat maa- ja metsätaloudessa tilan tai kuvion omistajaan, voi niillä olla merkittäviä vaikutuksia tuotantoon ja elinkeinojen mahdollisuuksiin näillä sektoreilla. Vaikutukset voivat olla negatiivisia tai positiivisia. Tässä selvityksessä yksityisiin maanomistajiin kohdistuvia vaikutuksia on kuvattu ilmastotoimien tulovaikutuksilla, joka kuvaa toimen aiheuttamaa vuositulon muutosta. Tulovaikutusten arvioimisessa on käytetty tietoja maatalouden katetuotoista, maan arvosta ja EU-ohjelmakaudella 2014–2020 maksetuista EU- ja kansallisista maataloustuista. Julkisen sektorin maksamien tukimenojen muutokset vaikuttavat siihen, miten veroilla ja julkisella velalla rahoitettava julkisen sektorin budjetti voidaan käyttää. Tukimenojen vähentyminen vapauttaa budjettia käytettäväksi muihin käyttötarkoituksiin tai mahdollistaa kokonaismenojen pienentämisen. Kasuvat tukimenot taas vaativat rahoituksen lisäystä.

Ilmastotoimien toteuttamiseen tarvittavaa poliittista ohjausta voidaan arvioida toimenpiteen toteuttamisen kannattavuuden ja hyväksyttävyyden avulla. Toimi on arvioitu yhteiskunnan näkökulmasta kannattavaksi esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, jossa toimenpide aiheuttaa suuremman julkisen sektorin menojen vähentymisen kuin yksityisen sektorin tulojen vähentymisen. Tällaisessa tapauksessa julkinen sektori voi tehdä toimenpiteen toteuttamisesta yksityiselle sektorille kannattavaa korvaamalla aiheutunut tulonmenetys niin, että julkisen sektorin kokonaismenot eivät kasva. Osa toimenpiteistä taas on yksityisen sektorin näkökulmasta jo valmiiksi kannattavia, sillä niiden tulovaikutus on positiivinen. Koska maanomistajien päätöksiin voivat vaikuttaa kannattavuuden lisäksi myös muut tekijät, kuten tieto, uskomukset, periaatteet ja arvot, on tässä raportissa arvioitu myös ilmastotoimien hyväksyttävyyttä perustuen maanomistajille tehtyihin kyselytutkimuksiin muun muassa Suomalainen metsänomistaja 2020-hankkeessa (Karppinen ym., 2020) sekä Turvemaiden käyttö maataloudessa (TURVA) –hankkeessa (Haltia ym., 2020).

Tämän raportin tuloksia tulkittaessa on huomioitava toimenpiteiden ilmasto- ja kustannusvaikutusten arvioihin liittyvät epävarmuudet ja puutteet. Osan toimenpiteistä kohdalla tieteellinen tietopohja toimenpiteen ilmastovaikutuksista on vielä vähäistä. Lisäksi arvioissa on tehty todellisuutta yksinkertaistavia ole-

tuksia toimenpiteen toteutusalueesta ja päästöistä. Kustannusvaikutusten arviointi pohjaa todellisuutta yksinkertaistaviin metsätalouden mallinnuksiin ja maatalouden katetuottolaskelmiin perustuviin oletuksiin sekä maanarvon arviointiin, jotka parhaimmillaankin antavat karkean kuvan yksityisen sektorin tulo-vaikutuksista. Yksittäisen maanomistajan tapauksessa kustannusvaikutukset voivat erota suurestikin, mikäli laskelmissa käytetyt arviot eivät edusta tilan tai kuvion talousrakennetta tai käytettävää menetelmää. Tulo-vaikutukset myös riippuvat markkinoiden ja hintojen kehityksestä, joita ei tässä tutkimuksessa ole otettu huomioon, vaan vertailu on tehty tämän hetken markkina- ja hintatiedoilla. Koska raportti perustuu pääosin yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten arviointiin, toimenpiteiden yhteisvaikutukset jäävät tarkastelussa vähäisiksi. Monista toimenpiteistä on tällä hetkellä käynnissä tutkimuksia (muun muassa Ahtikoski/TUKEME, Mäkipää/SOMPA, Hynynen/jatkuvapeitteisen kasvatuksen MOTTI-mallintaminen). Valmistuessaan nämä parantavat käsitystä maankäyttösektorin ilmasto- ja kustannusvaikutuksista ja siten tarkentavat tämän raportin ilmastosuunnitelman toimenpiteiden kustannustehokkuusarvioita.

Raportissa ei ole myöskään tarkasteltu mallintamalla epäsuoria vaikutuksia maa- tai metsäsektorin tuotantoon, ja niihin pohjautuviin arvoketjuihin. Vaikutus saattaa olla tuotantoa lisäävä tai vähentävä toimenpiteestä riippuen. Jos tuotanto siirtyy toiselle alueelle, saattaa aiheutua myös hiilivuotoa joko Suomen sisällä tai ulkopuolella. Näiden vaikutusten tarkasteluun tarvitaan lisätutkimusta.

Kokonaisuudessaan tämä raportti ottaa askeleen kohti syvällisempää ja vertailukelpoisempaa ilmastotoimien kustannusvaikutusten arviointia maankäyttösektorilla. Haasteena ilmastotoimien kustannusvaikuttavuuden arvioinnissa ja tutkimuskirjallisuuden vertailussa on, että arvioinnin käytännöt, laskentamenetelmät ja arviointiin sisällytetyt kustannuserät eivät ole eri tutkimuksissa yhtenäisiä. Aiemmissa selvityksissä toimenpiteiden kustannuksia on usein arvioitu vain suorien toteuttamiskustannusten kautta, mutta yksityisen sektorin tulojen tai julkisen sektorin menojen muutosta ei ole otettu kustannusvaikutusten arvioinnissa huomioon. Verrattuna aiempaan tutkimuskirjallisuuteen tässä selvityksessä kustannusvaikutuksista on huomioitu toimenpiteiden suorat vaikutukset maanomistajan tuloihin ja julkisen sektorin menoihin sen sijaan, että olisi arvioitu vain suorat toteuttamiskustannukset. Toteuttamiskustannukset on sisällytetty näihin kustannusvaikutusten arviointiin. Lisäksi toimenpiteiden ilmastovaikutusten, kustannusvaikutusten ja hyväksyttävyyden arviot on toteutettu toimenpiteiden kohdalla samalla tapaa, joka mahdollistaa toimenpiteiden vertailun keskenään. Vaikka tässä selvityksessä toteutettu kustannusvaikutusten arviointi on pelkkien toteutuskustannusten arviointia laajempaa, arvioinnissa ei

ole toimenpiteiden hyväksyttävyyden laadullista analyysiä lukuun ottamatta huomioitu välillisiä kustannusvaikutuksia, joita toimenpiteet voivat aiheuttaa. Toimenpiteistä voi koitua välillisiä niin sanottuja syvällisempiä kustannuksia tai kustannushyötyjä vaikutuksina esimerkiksi ruoka- ja puumarkkinoihin, työllisyyteen, Suomen saamaan EU-rahoitukseen ja muihin tekijöihin, joiden tasoa ei tässä selvityksessä ole arvioitu. Mikäli ilmastotoimien tarkempia ja kokonaisvaltaisia yhteiskunnallisia kustannusvaikutuksia tahdotaan arvioida, tutkimukseen tarvitaan tätä selvitystä suurempia panostuksia.

Tutkimushankkeen aikana oli valtionhallinnossa samanaikaisesti käynnissä MISU:n valmistelu. Alustava toimenpidelista valmistui aivan hankkeen lopussa, joten sen vastaavuutta tämän työn arviointiin ei ehditty ottaa huomioon raportin perusrungossa. Liitteessä 5 on lyhyesti kuvattu toimenpiteiden vastaavuus ja niiden arviointi sekä lyhyt kooste on sisällytetty tulosten yhteenvetoon.

2 Arvioinnin kohde

Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma sisältää toimia eri maankäyttöluokkien kokonaisvaltaisten ilmastovaikutusten parantamiseksi. Metsänhoitomenetelmien käytön ohjauksella vahvistetaan metsien kasvua ja hiilensidontaa sekä lisätään metsäpinta-alaa metsittämällä viljelystä poistuneita alueita. Maataloudessa edistetään hiiltä sitovia ja varastoivia sekä päästöjä vähentäviä viljelytapoja, -tekniikoita, tuotteita ja palveluja sekä pyritään välttämään metsäkatoa. Toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida paikalliset olosuhteet ja erityispiirteet, jotta niiden soveltuvuus ja toivottu ilmastonmuutoksen hillintäpotentiaali voitaisiin hyödyntää. Arvioinnin kohteena olivat WAM (with additional measures) -ilmastotoimenpiteet, joiden vaikutus- ja kustannusarviot perustuvat muun muassa HIISI- ja ILMAVA-hankkeiden tuloksiin. Näiden lisäksi arvioitiin myös niin sanottujen Hyperhiili-toimien ilmasto- ja kustannusvaikutuksia.

1. WAM-ilmastotoimenpiteet olivat seuraavat:

- Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta
- Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta
- Tehdään rehevien korprien harvennusalasta 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä
- Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta
- Vähennetään kivennäismaapellon raivausta
- Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä
- Lisätään hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") pellon metsitystä
- Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot)
- Lisätään kivennäismaapellon metsitystä
- Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5–10 cm)
- Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)

- Siirretään kivennäismaapeltoa vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)
- Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla
- Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko)
- Lisätään kerääjäkasvien käyttöä
- Lisätään maanparannus- ja saneerauskasveja
- Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla
- Lisätään viherlannoitusnurmien viljelyä
- Lisätään biokaasunurmien viljelyä

2. Hyperhiili-toimenpiteet olivat seuraavat:

- Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsissä
- Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa
- Parannetaan metsätuhoriskien arviointia ja hallintaa
- Pidentetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla, joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmasto-vaikutus 2) kohteilla, joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus))
- Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä
- Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)
- Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut)

3 Arvioinnin viitekehys ja toteuttaminen

Toimenpiteiden odotetut kustannukset ja saavutettavat päästövähennykset perustuvat pääosin aikaisempiin selvityksiin kuten ILMAVA- ja HIISI-hankkeisiin, ja edellisiä on täydennetty tarpeen mukaan käyttäen kirjallisuutta, asiantuntija-arvioita sekä toteutettujen hankkeiden kustannuksia ja päästövaikutuksia sekä oletuksia maatalouden ja metsätalouden kannattavuudesta ja maanarvosta.

3.1 Ilmastovaikutukset

Ilmastovaikutuksilla tarkoitetaan suunnitelman toimenpiteiden tavoiteltuja ilmastovaikutuksia. Ilmastovaikutukset ovat ajallisesti eritahtisia ja osassa toimenpiteitä hyvin epävarmoja. Lisäksi maankäyttösektorin hiilinielut ja päästövähennykset ovat riskialttiita tuhoille kuten tulipaloille ja tuulituhoille. Lisäksi osa päästövähennyksistä, kuten turvemaiden tapauksessa, ovat vain päästöjä hidastavia, eli hiilipäästöjen vuotuinen määrä vähenee, mutta pitkällä aikavälillä varastot hupenevat kuitenkin. Tällöin maankäyttösektorin hiilinielujen ja päästövähennyksien arvo ei ole yhtä suuri kuin vastaavan fossiilisten polttoaineiden päästövähennyksen arvo (mm. Laturi 2020). Toimenpiteiden ilmastovaikutusarvioinnissa hyödynnetään etenkin ILMAVA ja HIISI-hankkeiden tuloksia ja lisäksi kirjallisuus lähteitä.

Puun hajoaminen metsässä

Rautiainen ym. (2018 artikkelissa käytettiin Yasso-mallia arvioitaessa hakkuutähteiden ja kantojen hajoamista Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Lisäksi artikkelissa arvioitiin ilmastomuutoksen vaikutusta hajoamiseen. Kantojen hiilivarannosta oli jäljellä 50 vuoden jälkeen keskimäärin 40 prosenttia Etelä-Suomessa ja keskimäärin 50 prosenttia Pohjois-Suomessa. Hakkuutähteet hajoavat huomattavasti nopeammin ja 50 vuoden jälkeen hakkuutähteiden hiilivarannosta oli jäljellä enää keskimäärin 5 prosenttia Etelä-Suomessa ja 10 prosenttia Pohjois-Suomessa. Tässä raportissa ei otettu huomioon puuhun sitoutuneen hiilen varastoitumista maaperään puun lahotessa.

3.2 Kustannusvaikutukset

Toimenpiteiden kustannukset määritettiin olemassa olevan tiedon ja käyttäen oletuksia maatalouden ja metsätalouden kannattavuudesta ja maanarvosta. Julkisen ja yksityisen sektorin tulo- ja menovaikutusten perusteella arvioitiin lisäksi kokonaistaloudellinen kustannusvaikutus eli yhteiskunnan nettotulot vuodessa toimenpiteen toteuttamisesta nykyisellä tukitasolla. Kustannusten arvioinnissa on huomioitu maan arvon muutokset, viljely tai puuntuotannon tulojen muutokset, julkisten menojen muutokset sekä investointi- ja toteuttamiskustannukset. Tarkempi erittely huomioidusta kustannuksista on raportin liitteenä (Liite 1). Vireillä olevia mahdollisia tukimuutoksia tai esitettyjä ohjaustoimia ei ole huomioitu laskelmassa. Lisäksi kunkin toimenpiteen kohdalla on kerrottu, mikäli arviosta puuttuu oleellisia toimenpiteen toteutukseen liittyviä kustannuksia.

Tukihakemusten käsittelykustannukset

Metka2020-työryhmän muistiossa arvioitiin Suomen metsäkeskuksessa käytetyn työajan olevan 68,44 henkilötyövuotta ja käsiteltyjen asiakirjojen lukumäärän 67 537 kpl vuodessa uuden tukijärjestelmän myötä. Näin ollen noin 1000:n asiakirjan käsittely vaatii noin yhden henkilötyövuoden. VM:n (2020) talousarvioesityksen mukaan valtion määrärahalla toteutettavan toiminnan arvioidut kustannukset vuodelle 2020 olivat 39,2 miljoonaa euroa ja henkilötyövuosia käytettiin 484. Näin ollen yhden henkilötyövuoden kustannus olisi noin 81 000 € vuodessa, ja yhden asiakirjan käsittelykulut siten noin 80 €. Kaksivaiheisen tuen käsittelykulut ovat noin 160 € sisältäen hakemuksen ja toimenpideilmoituksen asiakirjat. Maastotarkastusten yksikkökustannukset ovat olleet noin 280 € hehtaarilta (VM 2020).

Tukikäsittelyn kustannukset on laskettu esimerkinomaisesti joutoalueiden metsitystuki -toimenpiteen osalta. Joutoalueiden metsitystukea hallinnoi Metsäkeskus. Toimenpiteiden kustannusvaikutusten laskelmissa ei ole arvioitu EU- ja kansallisten maataloustukihakemusten käsittelykustannuksia. Ympäristökorvausten hallinnosta, maksatuksesta ja valvonnasta aiheutuvat kustannukset olisivat tarkoituksenmukaista ottaa huomioon kustannustehokkuuden laskennassa, mutta niiden jyvittäminen yksittäisille ympäristökorvaustoimenpiteille on käytännössä mahdotonta (kts. myös Hyvönen ym. 2020). Maatalouden tukihallinto on monikerroksinen koostuen sekä kansallisesta tasosta (kuntien yhteistoiminta-alueet (61 kpl), ELY-keskukset (15 kpl), Ruokavirasto ja maa- ja metsätalousministeriö) että EU-tasosta, jossa Euroopan unionin neuvoston ohella

EU-komissio ja parlamentti ovat säätämässä ja ohjaamassa EU:n yhteistä maataloustukijärjestelmää. Sen lisäksi toimenpiteitä on lukumääräisesti paljon.

Tuen hallinnollisia kustannuksia on arvioitu tukijärjestelmän toimeenpanon yhteydessä.

Koulutuskulut uuden tukijärjestelmän käyttöönotosta: 30 000 € kertaerä.

Vuotuiset käsittelykustannukset 3000 ha metsitykselle: 300 000€/v

Tietojärjestelmämuutokset: 700 000 € kertaerä. (Finlex 2020.)

3.3 Kustannusvaikuttavuuden arviointi

Ilmastotoimien kustannusvaikuttavuus kertoo, millaisella panoksella ilmasto-suunnitelman tavoitteen mukaiset nettoilmastovaikutukset saadaan aikaan. Maankäyttösektorin ilmastotoimien kustannusvaikuttavuutta arvioidessa huomioidaan toimenpiteiden synnyttämät kustannukset suhteessa ilmastovaikutusten suuruuteen. Tämä prosessi mahdollistaa kustannusvaikuttavimpien toimenpiteiden tunnistamisen. Kustannusvaikuttavuutta arvioidessa otetaan huomioon maanomistajan kohtaamat tulot, tuet ja kustannukset. Yhteiskunnan kustannuksina huomioidaan maksetut tuet riippumatta siitä ovatko ne kansallisia vai EU:n maksamia tukia.

Osa toimenpiteistä on jo nykyisellään maankäyttösektorilla käytössä, sillä osalle myönnetään tukia (mm. kerääjäkasvit) tai ne ovat muuten taloudellisesti kannattavia, kuten esimerkiksi tuhkalannoitus. Ehdotettuihin toimenpiteisiin saattaa liittyä tuotannon lisäksi myös muita ulkoisvaikutuksia kuten maiseman- tai biodiversiteetin suojelu (esimerkiksi metsien pidemmät kiertoajat) tai muita taloudellisia hyötyjä.

4 WAM-toimenpiteet

4.1 Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta

Tuhkalannoittaminen sopii etenkin runsastyyppisille ojitetuille soille, joilla voidaan saavuttaa sekä maaperän KHK-päästöjen vähenemää ojitustarpeen vähenemisen johdosta että lisätä puuston hiilinielua lannoituksen tuoman lisäkasvun myötä (Moilanen ym. 2012, Ojanen ym. 2019). Tällä hetkellä tuhkalannoituksia tehdään noin 10 000 hehtaarilla vuodessa, mutta puutuhkaa riittäisi jopa 200 000 hehtaarin lannoitukseen vuodessa (Lehtonen ym. 2021). Tässä raportissa pitkän aikavälin suometsien tuhkalannoituspotentiaalin on oletettu olevan keskimäärin 100 000 hehtaaria vuodessa riippuen muun muassa ikäluokkajakaumasta.

Ilmastovaikutukset

Laturin ym. (2021) raportissa simuloitiin tuhkalannoituksen vaikutusta Suomen metsäsektoriin FinFEP-mallilla. Lannoitus ei ainoastaan lisää puuston tilavuuskasvua vaan puuston tapahtuu kuitupuun siirtymää tukkipuuksi, mikä lisää metsän arvokasvua. Metsän puustoon sidotun pääoman lisääntyessä metsänomistajat ovat aiempaa halukkaampia myymään puuta samalla arvokasvun nopeudella kuin aiemmin. Tämän takia puuntarjonta lannoitetuissa metsissä kasvoi mallinnuksessa ja puun hinta aleni, jolloin muiden metsien hakkuut vähenivät, mutta kokonaisuudessaan hakkuut hieman lisääntyivät. Jos tavoitteena on lisätä metsien vuotuista hiilinielua alle 30 vuoden aikajänteellä, tuhkalannoituksen tukeminen ilmastonäkökulmasta on perusteltua. Pitkällä aikavälillä (yli 60 vuotta) lannoituksen vaikutus näkyy edelleen mallinnustuloksissa korkeampana puuston pääomana (hiilivarastona) metsissä. Vuotuinen nieluvaikutus metsissä voi pitkällä aikavälillä olla lähellä neutraalia tai jopa negatiivinen. Vuotuinen kokonaisnieluvaikutus riippuu merkittävästi myös siitä mihin käyttöön puu ohjautuu.

Laturi ym. (2021) FinFEP-mallinnuksessa tuhkalannoituksen vaikutus kalibroitiin malliin siten, että lannoitus vaikutti lannoitettavalla alalla 30 vuotta ja keskimäärin kasvun lisäys oli noin 2 m³/ha/v. Mallinnuksessa lannoitus tuotti noin 32 milj. m³ lisäkasvua lannoitetulla alalla (535 000 ha). Kasvu johti noin 33 milj. t CO₂ ekv. korkeampaan hiilivarastoon metsissä ja puutuotteissa 60 vuoden kuluttua. Yhden kuutiometrin lisätilavuuskasvulla saavutettiin noin 1,04 t CO₂ ekv. hiilivarasto metsissä ja puutuotteissa. Berg-Andersson ym. (2021) arvioivat yhden hakatun kuution johtavan 1,3–1,4 t CO₂ nielun pienenemiseen

Suomen metsissä lyhyellä aikavälillä. . Ilmastopaneelin malliselvityksessä (Kalliokoski ym. 2019, viisi eri mallia) yhden kuution hakkuu johti 1,2 – 2,3 04 t CO₂ ekv. nielun pienemiseen. Jos oletetaan että vuoteen 2035 mennessä on tuhkalannoitettu 1,3 miljoonaa hehtaaria ja vuotuinen hiilinielun lisäys olisi 2 t CO₂ ekv. /ha, niin **ilmastohyödyt olisivat vuonna 2035 n. 2,6 milj. t CO₂-ekv./v.** Lannoituksen vaikutuksissa on aluksi muutaman vuoden viime, jota tässä ei ole huomioitu.

Kustannusvaikuttavuus

Yksityiset metsänomistajat saavat tuhkalannoitukseen Kemera-tukea 30 % kokonaiskustannuksista, kun metsäalan toimija tekee hakemuksen. Metsänomistajan tekemälle hakemukselle voidaan tukea myöntää vain tarvikekustannuksille. Metsätalouden uuden kannustejärjestelmän METKA2020 -luonnoksessa uudeksi tueksi on esitetty 125 €/ha (MMM 2021). Tuhkalannoituksen levityksen hinta levitystavasta riippuen on noin 300-500 €/ha (Metsäkeskus 2020). Lannoituksen levitys ei ole sidottu mihinkään metsänkäsittelyvaiheeseen (Väätäinen ym. 2000). Lentolevitys on tehokasta, mutta maalevitystä kustannuksiltaan vähintään kolmanneksen kalliimpaa (Korpilahti 2004, Väätäinen ym. 2011, ks. Joensuu 2017). Lentolevitykseen soveltuvista helikoptereista ja osaavista lentäjistä on kuitenkin puutetta (Horne ym. 2021).

Tuhkalannoituksen kustannus- ja tuotantovaikutukset tunnetaan melko hyvin, joten niihin liittyvä epävarmuus on pieni. Toimenpiteen epävarmuudet liittyvät ilmastovaikutukseen.

Laturi ym. (2021) FinFEP-mallinnuksessa ei optimoitu tuhkalannoituksen käyttöä vaan tuhkalannoituksen määrä saatiin mallin ulkopuolelta annettuna. Levityksen hintana käytettiin 400 €/ha. Mallinnuksessa suoritämäärällä 53 500 ha/v. 10 vuoden aikajaksolla lannoituksen hinnaksi muodostui diskonttaamattomana 214 milj. €. Investoinnilla saavutettu ilmastohyödyn hinta oli **6,4 €/ t CO₂ ekv.** Tämä hinta ei sisällä puuntuotannon lisäyksestä ja ojitustarpeen vähenemisestä saatavia hyötyjä, **joten todellinen yhteiskunnallinen kustannus on pienempi.**

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Perusteet tuhkalannoituksen tuelle ovat hiilensidonnan lisääminen, ojien kunnostusojitustarpeen väheneminen tarpeen vähentäminen ja puuntuotannon lisääminen. Puuston hiilensidonnan ja puuntuotannon lisääntymisen osalta kansantalouden hyödyt ovat selkeämmin laskettavissa kuin ojien kunnossapidon tarpeen vähentämisen hyödyt koskien maaperän hiilinielua ja vesistö päästöjä. Hiilensidonnan ja puuntuotannon tuottamat hyödyt eivät ole paikkaan sidottuja kuten vesistö päästöjen haitat.

Tuhkalannoituksen tukea kannattaa painottaa kuivemmille suometsille ja kytkeä tukiehdoksi suon kunnostusojituksesta pidättäytymisen mahdollisimman pitkäksi ajaksi. Joensuun (2017) mukaan: ”Tuhkan käytön esteinä nähtiin ensisijaisesti sen suurista määristä johtuva levityskustannusten kalleus muihin lannoitteisiin verrattuna. Osittain vastauksista heijastuu toiminnan vähäisyys ja siitä johtuva kokemuksen puute”. Suomalainen metsänomistaja 2020 -hankkeen mukaan 41 prosenttia metsänomistajista olisi kiinnostunut lisäämään puuston kasvua lannoituksella, jos siitä saisi korvauksen (Koskela ym. 2021). Vastaajista 23 prosenttia ei osannut sanoa mielipidettään. Lannoituksesta olivat kiinnostuneita erityisesti maa- ja metsätalousyrittäjät, alle 55-vuotiaat, sekä turvaa ja tuloja korostavien metsänomistajien tavoiteryhmä.

4.2 Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta

HIISI:n WAM-skenaariossa turve- ja kivennäismaiden lannoitus oli yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa, josta osoitetaan **kivennäismaille 50 000 hehtaaria**. Kasvatuslannoituksia tehtiin Suomessa vuonna 2019 noin 46 000 hehtaaria (SVT, Metsänhoito- ja metsänparannustyöt). Olettaen, että hakkuualat pysyvät vuoden 2019 tasolla ja osuus hakkuista kangasmaalla vastaa niiden osuutta metsätalousmaasta (66,7 %) ja 90 prosenttia tästä alasta lannoitetaan (havupuuvaltaisena), niin potentiaalinen lannoitusala voisi olla jopa noin 307 000 hehtaaria vuodessa.

Typpilannoituksen lisäkasvusta 50 prosenttia tapahtuu noin 4 vuoden kuluessa ja muutama prosentti 10 vuoden jälkeen (mm. Ilvesniemi ja Kukkola 2017). Männyillä reagointi on hieman kuusta nopeampaa. Koska typpilannoitus voidaan toteuttaa useamman kerran lannoitusvaikutuksen heikkenemättä, sitä voitaisiin tehdä yhden tai useamman kerran puuston ensiharvennuksen jälkeen, viimeistään kuitenkin noin 10 vuotta ennen päätehakkuuta. .

Ilmastovaikutukset

Kasvatustaloudellisesti saavutetaan n. 6–20 m³/ha lisäkasvu 10 vuoden aikana (0,6–2 m³/ha/v.) (mm. Ilvesniemi & Kukkola 2017). Kuinka suuri osa tästä realisoituu pitkäaikaisena hiilinieluna on epävarmaa. Uusivuori ja Laturi (2007) tarkastelivat teoreettisella mallilla suoran lannoituksen hintatuen vaikutusta metsien hiilivarastoon. Suora tuki lisäsi lannoitteen hehtaarikohtaista käyttöä ja edelleen tuen noustessa käytön lisäys johti lyhyempään kiertoaikaan. Kiertoajan lyheneminen pienentää metsien keskimääräisen hiilivaraston kokoa. Kuitenkin markkinavaikutuksista johtuen, puuntarjonnan lisääntyminen lannoitetuissa metsissä laskee puunhintaa, joka vähentää hakkuita ei lannoitetuissa metsissä (Laturi ym. 2021). Jos oletetaan että vuoteen 2035 mennessä on lisätty kasvatustaloudellista 500 000 hehtaaria, joissa kasvatustaloudellisuuden 10 vuoden kasvunlisäys vaikuttaa edelleen ja vuotuinen hiilinielun lisäys olisi 2 t CO₂ ekv. /ha, niin ilmastohyödyt olisivat vuonna 2035 n. 1,3 milj. t CO₂ ekv./v. Lannoituksen vaikutuksissa on aluksi muutaman vuoden viive, jota tässä ei ole huomioitu.

Kustannusvaikuttavuus

Kustannukset vaihtelevat eri arvioissa 300–500 euron/ha välillä (mm. Itä-Suomen Metsätoimistot 2022, UPM 2022, Maaseudun tulevaisuus 2019). Levitystapa ja lannoitteen hinta vaikuttavat kustannuksiin. Kasvatustaloudellisuuteen ei myönnetä tukia tällä hetkellä.

Mikäli puuston kasvu realisoituu tukkipuun (60 €/m³) lisäyksenä hakkuussa 10 vuoden kuluttua lannoituksesta, toimenpide on kannattava vielä 10 % korollakin, jos puuston kasvu on 13 m³ ja kustannukset 300 €/ha. Toimenpide on kannattava korkealla korollakin, ja siten ilmastollisesti kustannusvaikuttava toimenpide.

Hyväksyttävyyden ja ohjauksen keinot

Perusteet kasvatustaloudellisuuden tuella ovat hiilensidonnallisuuden lisääminen ja puuntuotannon lisääminen. **Informaatio-ohjaus positiivisista tulovaikutuksista ja haittojen minimoimisesta voisi lisätä metsänomistajien kiinnostusta lannoitusta kohtaan, ja erityisesti nuorempien metsien kasvatustaloudellisuuteen.** Suomalainen metsänomistaja 2020 -tutkimuksessa reilusti yli puolet metsänomistajista hyväksyi metsien kasvatustaloudellisuuden. Hyväksymistä lisäävät metsänomistajan taustapiirteet olivat nuorempi ikä, maa- ja metsätalousyrittäjyys sekä ison, yli 100 hehtaarin, tilan omistaminen.

4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusalasta 30% yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen

Tässä arvioissa käytetään vuosittaisena pinta-alana 6000 hehtaaria. HIISI-hankkeessa WAM-skenaariossa laskettiin ravinteikkaiden korprien ainespuuta sisältävistä pohjapinta-alaharvennuksista 30 prosenttia, eli 6000 hehtaaria, tehtävän yläharvennuksilla vuosittain. Tämän jälkeen seuraisi uudistushakkuu ja maanmuokkaus (Maanavilja ym. 2021). Luku ei siis sisällä runkolukuperusteisilla harvennussalleilla tehtäviä puuston ensiharvennuksia. Osuus, 30 prosenttia, on sovittu HIISI-hankkeen taustatyössä, eikä sen perusteluita ole julkaistu. Tässä työssä sovittiin tilaajan kanssa tarkasteltavan WAM-skenaariosta poiketen siirtymistä jatkuvaan kasvatukseen yläharvennuksen jälkeen.

ILMAVA-hankkeessa tarkasteltiin poimintahakkuin toteutettavaa jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta ojitetuissa suometsissä (Lehtonen ym. 2021). Hankkeen simulointien mukaan ojitettujen soiden jatkuvapeitteiseen kasvatukseen soveltuvia kohteita on erityisesti Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Pohjois-Karjalassa.

Ilmastovaikutukset

Maaperän KHK-päästöihin vaikuttaa pohjaveden pinnan korkeus, kohteen rehevyys, turpeen laatu, aluskasvillisuus sekä maaperän lämpötila. Ojitettujen suometsien maaperä on päästölähde, mutta puusto hiilinielu. Vuonna 2018 ojitettut suometsät toimivat kokonaisuudessaan hiilinieluna.

Ojanen ja Minkkinen (2019) tutkimuksen mukaan yhden senttimetrin nousu pohjavedenpinnassa rehevillä kohteilla vähentää 12 g CO₂ ekv. /m² (0,12 t CO₂ ekv. /ha) maaperän nettopäästön vähenemistä ja lisäksi Minkkinen ym. (2020) mukaan typpioksiduulin (N₂O) osalta vähennystä on 2,6 g CO₂ ekv. /m² (0,026 t CO₂ ekv. /ha). Jatkuvapeitteisessä metsänhoidossa puuston haihdunta saattaa olla riittävä pitämään pohjaveden pinnan niin alhaalla, että ojitustarvetta ei synny kunhan poimintahakkuiden jälkeen jätettävä puuston määrä on riittävä (mm. Sarkkola ym. 2010, Juutinen ym. 2021, Shanin ym. 2021). Edellytyksenä jatkuvapeitteisen kasvatuksen onnistumiselle on, että jäljelle jäävä pohjapinta-ala on noin 10 m²/ha tai enemmän, jotta vedenpinta ei nouse liian korkealle (Juutinen ym. 2021). Jäljelle jäävä puustopinta-ala on kriittinen vedenpinnan tasolle, joka määrittelee sekä taloudellista tuottoa että hiilipäästöä. Ilmastonmuutoksen aiheuttama lisääntyvä, mutta aiempaa epäsäännöllisempi sadanta voi vähentää turvemaiden päästöjä (Barel ym.

2021), mutta vedenpinnan suuremman vaihtelun pitkän aikavälin vaikutukset puuston kasvuun ovat vielä epäselvät (esim. Dymond ym. 2019).

Kustannusvaikuttavuus

Jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa toistuvat poimintahakkuut tuovat tuloja metsänomistajalle useammin kuin tasaikäisrakenteisen metsänkasvatuksen harvennus- ja uudistamishakkuu. Toisaalta uudistamishakkuussa metsänomistaja saa enemmän tuloja kuin poimintahakkuussa (suurempi ainespuukertymä), joka taas tuo enemmän tuloja kuin puuston ensiharvennus tasarakenteisessä metsänkasvatuksessa. Toisaalta investoinnit kunnostusojitukseen ja metsän uudistamiseen voi olla mahdollista välttää jatkuvassa kasvatuksessa, mikäli pohjaveden pinta säilyy riittävän alhaalla ja puusto uudistuu hyvin luontaisesti (Nieminen ym. 2018). Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen hakkuun ja puunkorjuun kustannuksista on vielä melko vähän vertailutietoa verrattuna tasaikäis-metsänkasvatukseen. Hakkuun ja puunkorjuun yksikkökustannukset ovat kuitenkin yleensä suuremmat pienemmällä runkokoolla ja hakkuukertymällä. Tämän perusteella voidaan olettaa niiden olevan suurempia poimintahakkuissa kuin uudistamishakkuussa pienemmän ainespuukertymän ja runkotilavuuden vuoksi. Toisaalta ne ovat samaa suuruusluokkaa poimintahakkuussa ja tasaikäisen metsänkasvatuksen muussa harvennuksessa, jos puuston runkotilavuus ja kertymä ovat samankaltaiset (vastaavasti pienemmät kuin ensiharvennuksessa). Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan poimintahakkuun kustannukset ovat keskimäärin 28 prosenttia suuremmat kuin tasaikäismetsänkasvatuksessa (Jonsson ym. 2015).

Jatkuvapeitteistä metsänkasvatusta rehevissä korvissa ei nykyisellään tueta julkisin varoin. Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus on nykyään sallittua ja siten yksi mahdollinen metsänhoitotapa. Se tulee yleistymään niillä kohteilla, joilla se on kannattavaa tai sopii muuten paremmin metsänomistajan tavoitteisiin kyseisellä kohteella. Informaatio-ohjauksella voidaan nopeuttaa siirtymää jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen käyttöön ottamiseksi.

Juutisen ym. (2021) mukaan poimintahakkuin toteutettu jatkuvapeitteinen kasvatus on ojitetuissa korpikuusikoissa taloudellisesti kannattavampaa kuin jaksollinen kasvatus. Kannattavinta jatkuvapeitteinen kasvatustapa oli 15 vuoden hakkuukierrolla. Yhden ja kolmen prosentin korolla jatkuvapeitteinen kasvatus oli kannattavinta jätettäessä kasvupaikalle niin paljon puustoa, että sen haihdunta oli riittävää, jotta kunnostusojituksia ei tarvittu. Kuitenkin, käytettäessä 5 % korkoa kunnostusojitus kuului kannattavimpaan toteutukseen. Juutinen ym. (2021) tutkimuksessa useat tarkastellut jatkuvapeitteisen kasvatuksen toteutustavat antoivat maanarvoksi lähes yhtä suuren arvon kuin

paras toteutustapa. Myös Nieminen ym. (2018) olettavat Peuran ym. (2018) ja Pukkalan (2016) kivennäismaalla tehtyjen mallilaskelmien perusteella, että turvemailla jatkuvapeitteinen kasvatusta olisi kannattavampaa kuin kivennäismailla. Tämä johtuu siitä, että tasaikäismetsätalous turvemailla vaatii enemmän investointeja kuin kivennäismailla.

Toistaiseksi turvemailla ilman kunnostusajituksia toteutettavan jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen (poimintahakkuut) edellyttämää luontaista uudistumista ja alikasvostaimien kasvua ei tunneta riittävästi epäonnistumisriskien arvioimiseksi. **Jatkuvapeitteiseen kasvatukseen liittyy myös epävarmuuksia tuulituhojen, korjuuvaurioiden ja hyönteis- ja sienituhojen riskien lisääntymisen suhteen.** (mm. Juutinen ym. 2020, Fagerberg ym. 2022)

Kustannusvaikuttavinta olisi kohdentaa talousmetsien luonnonhoitotoimien ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen lisääminen maan pohjoisosiin ja turvemaille (Kärkkäinen ym. 2019), joissa metsänkasvu on muuta maata hitaampaa ja jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen kannattavuus selvästi parempi tasaikäiskasvatukseen verrattuna, mikäli sillä vältetään metsänuudistamiskustannukset.

Hyväksyttävyyden ja ohjauksen

Luonnontilaiset tai sen kaltaiset rehevät korvet ovat Metsälain 10. pykälän erityisen tärkeitä elinympäristöjä. Suurin osa rehevistä korvista on kuitenkin ojitettu ja ennallistamisen vaikutukset ovat lyhyellä aikavälillä päästöjä lisääviä. Metsänomistaja 2020 -tutkimuksessa turvemaiden jatkuvapeitteisestä kasvatuksesta ilman kunnostusajitusta (korvausta vastaan) oli kiinnostunut 37 prosenttia metsänomistajista (Koskela ym. 2021). Toimenpide kiinnosti erityisesti kaupunkimaisessa asuinympäristössä eläviä, 45-55 -vuotiaita, yhtymiä ja kuolinpesiä sekä tavoitteiltaan monitavoitteisia ja virkistyskäyttäjiä. Koska metsänomistajan saamista tuloista ja puuston kasvusta jatkuvapeitteisen kasvatuksen mallissa turvemailla on vielä vähän kokeellisesti tutkittua tietoa, tulisi metsämattilaisten koulutusta lisätä tiedon kertyessä. Kunnostusajitus ei ole enää tuettava toimenpide tulevassa metsätalouden kannustinjärjestelmässä (METKA), mikä voi lisätä kiinnostusta jatkuvapeitteiseen kasvatukseen.

4.4 Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä

Tasaikäisrakenteisen metsänkasvatuksen harvennuksen yhteydessä tehtävä kunnostus-ojitus kompensoi haihduttavan puuston poiston aiheuttamaa pohjaveden nousua. Kunnostusojituksen tekemättä jättäminen harvennushakkuiden yhteydestä tarkoittaisi noin 5-40 cm veden nousua riippuen hakkuun ajankohdasta, alueesta, turpeen paksuudesta, kunnostusojituksen suoritustavasta ja jäljelle jäävästä puuston määrästä. Suometsien kunnostusojitusten määrä on ollut Suomessa vuosittain noin 60 000 hehtaaria (Hökkä ym. 2016). Osa kunnostusojituksista tehdään kuitenkin uudistushakkuiden yhteydessä, ja osa kohteista tarvitsee kunnostusojitusta. Siten harvennushakkuiden yhteydessä poisjätettävän kunnostusojituksen potentiaalinen pinta-ala on pienempi. Hiisi hankkeen WEM skenaariossa on kunnostusojituksia on 30 000 ha/v vuosina 2026-2035 ja WAM-skenaariossa 29 000 ha/v. 2020-luvun alkupuolella myös ojitusmäärien ero skenaarioiden välillä on 1000 ha/v. Ojitusmäärien ero johtuu tästä toimenpiteestä. Tämän toimenpiteen johdosta harvennushakkuiden yhteydessä tehdään kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä **1000 ha/v vähemmän. Näin ollen vuoteen 2035 mennessä olisi jätetty ojittamatta 13 000 ha näitä suometsiä.**

Ilmastovaikutukset

Miettinen ym. (2020) arvioivat, että kunnostusojitus vaikuttaa eniten puuston kasvuun (0,65 m³/ha/v) 15 vuoden ajan sen jälkeen, mutta vaikutus jatkuu pidempäänkin. Miettinen ym. (2020) tutkimuksessa kunnostus ojitus oli kannattava toimenpide metsänomistajalle 2,5 % korkotasolla nostoen metsän nettonykyarvon 1988:sta 2136 € /ha. Kuitenkin, koron noustessa 3 prosenttiin kunnostusojitus ei ollut enää kannattava toimenpide.

Tyypillisesti kunnostusojitus laskee keskimääräistä vedenpintaa kasvukauden aikana noin 5-10 cm (Ahti & Päivänen 1997, Sarkkola ym. 2010, Sarkkola ym. 2013). Ojanen & Minkkinen (2019) arvioivat, että kunnostusojitus aiheuttaa rehevillä soilla **6,3 t CO₂-ekv./ha/v ja karuilla kasvupaikoilla 3,2 t CO₂-ekv./ha/v maaperän hiilidioksidipäästön**, kun oletetaan, että kunnostusojitus laskee pohjavedenpintaa 5 cm ja sen vaikutus pohjavedenpinnan tasoon häviää 20 vuodessa. Vaikutukset puuntuotantoon, kasvihuonekaasupäästöihin ja metsänhoidon kustannuksiin riippuvat kuitenkin kasvupaikkatyypistä.

Toimenpiteellä voidaan saavuttaa vuonna 2035 yhteensä **52 650 CO₂-ekv./v päästövähennelmä**, mikäli toimenpiteen toteutunut pinta-alan olisi 13 000 ha vuoteen 2035 mennessä ja keskimääräinen maaperän päästövähennelmä ojitusten vähentymisestä olisi 4,75 t CO₂-ekv./ha/v. Olettaen lisäksi, että puuston kasvu pienenee 0,65 m³/ha/v, jonka pitkäaikainen kasvihuonekaasuja lisäävä ilmastovaikutus oli Laturi ym. (2021) FinFEP-mallituksen mukainen -0,7 t CO₂-ekv./ha/v. Toimenpiteen hehtaarikohtainen päästöjä vähentävä vaikutus on siis 4,05 t CO₂-ekv./ha/v.

Kustannusvaikuttavuus

Salomäen ym. (2012) tutkimuksen mukaan kunnostusojituksen pois jättäminen vähensi nettonykyarvoa noin 28 prosenttia. Toisaalta jos korkotasoa tai riskipreemio on korkea, investointien kannattavuus laskee (Ahtikoski ym. 2012). Toisaalta kustannuksista jää pois kunnostusojituksen kustannus 400 – 500 €/ha + alv (Etelä-Suomi). Kunnostusojituksen kustannukset voi kuitenkin vähentää metsäverotuksessa ja toimenpiteelle saa Kemera-tukea, eli metsänomistajan nettokustannukseksi jää noin 100 €/ha (Laaksonen 2018). Arviossa metsäverotuksen etu ja Kemera-tuki on laskettu yhteen. **Ilman Kemera-tukea kunnostusojitus on laskelman mukaan tappiollinen.** Yli viiden hehtaarin hankkeilla Kemera-tuki kunnostusojitukselle on 60 prosenttia ja tätä pienemmillä hankkeilla 30 prosenttia todellisista arvonlisäverottomista hankekustannuksista. Avustuksen saamiselle on kuitenkin monia edellytyksiä.

Vaikutukset tuotantoon, päästöihin ja kustannuksiin ja siten kustannustehokkuuteen riippuvat kasvupaikkatyypistä. Toimenpiteen arvioon liittyy suurta epävarmuutta, sillä tutkimustulosten mukaan harvennushakkuun ja kunnostusojituksen vaikutus turvekankaiden vedentason vaihtelee suuresti ja käytetty korko vaikuttaa tuloksiin huomattavan paljon.

Kunnostusojitusta on tehty tuettuna toimenpiteenä. Kemera-tuen loppuminen vähentää ojituksia, jotka eivät ole metsänomistajille kannattavia.

Ilmastollisesti ojitusten vähentyminen on tällöin kustannusvaikuttava toimenpide.

Hyväksyttävyyden ja ohjaukseen

Kunnostusojitus ei ole enää tuettava toimenpide tulevassa metsätalouden kannustinjärjestelmässä (METKA). Näin ollen kunnostusojitukset tulevat väheneen, koska niiden kannattavuus on epävarmaa. Metsänomistaja 2020 -tutkimuksessa metsänomistajista viidesosa vastusti soiden kunnostusojitusta. Vastaavasti 45 prosenttia hyväksyi soiden kunnostusojituksen. Myönteisimpiä

kunnostusajasta kohtaan olivat miehet, maa- ja metsätalousyrittäjät, maaseudulla ja taajamissa asuvat sekä yli 100 hehtaarin tilan omistavat ja ne metsänomistajat, joille metsän tuoma taloudellinen turva ja säännölliset puunmyyntitulot olivat erityisen tärkeitä (Horne ym., 2020).

4.5 Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä uuden turvemaapellon raivausalan pienentymistä (Maanvilja ym. 2021 s. 29). WAM-skenaariota vertailukohtana on turvemaapeltojen raivausten nykytila, jossa uutta peltoa raivataan turvemailta vuosittain 2112 ha. Verrattuna tähän, WAM-skenaariota toteutuessa uutta turvemaapeltoa jäisi raivaamatta yhteensä noin **20 500 ha vuoteen 2035 mennessä** ja noin 51 100 ha vuoteen 2050 mennessä.

Ilmastovaikutukset

Raivausten rajoittaminen on uusien maankäyttösektorille laskettavien päästöjen syntymistä estävä toimi. Ilmastovaikutuksia on arvioitu ILMAVA-raportissa turvemaiden eri käyttötarkoituksille esitettyjen maaperänpäästökertoimien avulla (Lehtonen ym. 2021 s.15 taulukko 4). Yli 20-vuotiaan metsämaan maaperänpäästöt ovat keskimäärin 3 t CO₂-ekv./ha/v. Maatalouskäytössä olevan turvemaapellon päästöt taas ovat 25,3 t CO₂-ekv./v monivuotisten nurmien viljelyssä ja 35,1 t CO₂-ekv./v yksivuotisten kasvien viljelyssä. Jos oletetaan, että raivaukset tapahtuisivat kauttaaltaan yli 20-vuotiaasta metsästä ja raivatusta peltoalasta 38 % tulisi yksivuotisten viljelyyn ja 62 % monivuotisille nurmille turvemaapeltojen viljelyn todellisen jakauman mukaisesti (Kekkonen ym. 2019), raivausten rajoittaminen estäisi keskimäärin 26 t CO₂-ekv./ha/v suuruisen maaperänpäästölähteen syntymisen. Raivattujen metsien puuston hakkuu myös vähentää metsien hiilivarastoa, kuitenkin puustoa olisi hakattu myös metsätalouskäytössä. Puuston hiilivaraston nielumuutos huomioidaan tässä menetettynä metsänkasvuna ja vuotuisena hiilinieluna pienenemisenä, joka kuvastaa keskipitkän aikavälin nieluvaikutuksia toimenpiteen jatkuessa vuosikymmeniä. Suomessa puuston vuotuinen kasvu metsä- ja kitumaalla oli VMI13 mukaan keskimäärin 4,6 m³/ha/v. (Vaahtera ym. 2021). Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen turvepeltoja olisi 20 500 ha vähemmän niin vuonna 2035 vuotuisen päästövähennys olisi yhteensä 631 000 t CO₂-ekv./v. Tästä maaperä-

päästöjen vähenemä olisi 533 000 t CO₂-ekv./v. ja puuston vuotuinen nieluvähennemä 98 000 t CO₂-ekv./v käyttäen Laturi ym. (2021) mallinnuksessa saatua muuntokerrointa.

Kustannusvaikuttavuus

Raivausten rajoittaminen säästää yksityiseltä maanomistajalta raivauskustannukset. Toisaalta se aiheuttaa maanomistajalle kustannuksena sen tuotonmenetyksen, jonka se olisi saanut maan käytöstä peltona verrattuna maan käyttöön metsänä. Tuotonmenetyksen tarkka arviointi on haastavaa, sillä metsä- ja peltomaan tuotot vaihtelevat suuresti. Tässä yhteydessä on oletettu, että maanviljelyn kannattavuus riippuu maataloustuista ja viljely ilman tukia olisi kannattamatonta. Oletus perustuu maatalouden katetuottolaskelmiin yksivuotisen kauran ja monivuotisen säilörehunurmen viljelystä (MML 2021: Katetuotto: Kaura & Säilörehunurmi). Koska uusille peltoraivoille on nykyisin mahdollista saada vain maatalouden perustuet (vuonna 2021 171 €/ha/v C1-alueella), turvemaapeltojen raivausten rajoittamisen aiheuttaa yksityiselle maanomistajalle arviolta 0–171 €/ha/v tulonmenetyksen. Julkiselle sektorille raivausten rajoittaminen sen sijaan aiheuttaa perustukien mittaisen julkisten menojen pienentymisen. Turvemaapeltojen raivausten rajoittaminen on kustannustehokas ilmastotoimi, sillä se vähentää yksityisen ja julkisen sektorin yhteenlaskettuja kokonaiskustannuksia samaan aikaan, kun sillä on positiivisia ilmastovaikutuksia (uusien päästöjen syntymisen estäminen).¹

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Koska raivausten rajoittaminen aiheuttaa tulonmenetyksiä yksityiselle maanomistajalle, on todennäköistä, että raivauksia ei tulla rajoittamaan ilman poliittista ohjausta. Mikäli raivaamista jättäminen tehdään maanomistajalle taloudellisesti kannattavaksi verrattuna raivaukseen, toimenpiteen toteutuminen on todennäköisempää. Kannattavuuteen voidaan vaikuttaa leikkaamalla peltoraivoille saatavia perustukia² tai perimällä raivauksista maksu. Lisäksi maatalouden investointituissa tulisi huomioida investointien

¹ Koska toimenpide aiheuttaa kokonaisuudessaan kustannusten pienentymistä, mittaria kustannusvaikuttavuudelle €/t CO₂-ekv. ei pystytä laskemaan (Taylor 2012). Tutkimuskirjallisuudessa tällaisista toimista käytetään termiä kustannushyödyllinen "cost beneficial" kustannustehokkaan "cost efficient" sijaan.

² Tällaista sääntelyä tulee voimaan CAP27 ohjelmakaudella, kun maatalouden perustukia ei ole enää saatavissa yksivuotisten viljelyyn uusilla turvemaapelto-raivoilla ja uusien turvemaapelto-raivojen viljelyn perustuille asetetaan niin sanottu nurmiviljelyvelvoite.

vaikutus peltojen raivaamiseen. Ohjauskeinoja suunniteltaessa on muistettava, että taloudellisen kannattavuuden lisäksi maanomistajien maankäyttöä koskeviin päätöksiin voivat vaikuttaa myös muut kuin taloudelliset tekijät, esimerkiksi tieto, mahdollisuudet ja periaatteet. Mikäli taloudellisiin kannusteisiin liittyvät keinot eivät ole riittävät, uudet raivaukset voidaan äärimmäisessä tapauksessa kieltää. Velvoittavien sekä taloudellisten kannustimien lisäksi pellonraivauksen rajoittamiseksi on esitetty toimia raivaustarpeen vähentämiseksi. Lannan levitysalan tarvetta voidaan pienentää, ja siten raivauksen tarvetta vähentää edistämällä biokaasun tuotantoa, lannan prosessointia ja ravinnekierrätystä (Lehtonen ym. 2020 s. 35).

Vastaava vaikutus voi olla myös tilusjärjestelyjen mahdollistamisella. PTT:n vuonna 2019–2020 toteuttaman selvityksen perusteella turvemaapeltojen raivauksen rajoittamista kannatti noin 20 % turvemaapeltoa omistavista maanomistajista ja noin 30 % maanomistajista, jotka eivät omistaneet turvemaapeltoja (Haltia ym. 2020). Maanomistajat suhtautuivat turvemaapeltojen ilmastotoimiin kauttaaltaan epäilevästi, mutta turvemaapeltojen raivausten rajoittaminen oli suositumpi kuin muut kyselyssä esitetyt ilmastotoimet. Luotettavan tiedon tarjoaminen turvemaiden käytön ilmastovaikutuksista neuvonnan, koulutuksen ja alan yritysten kautta voi yleisesti lisätä turvemaille osoitettujen ilmastotoimien hyväksyttävyyttä, maanomistajien halukkuutta vapaaehtoiseen toimintaan sekä ilmastotoimien poliittista kannatusta. (Haltia ym. 2020.)

4.6 Vähennetään kivennäismaapellon raivausta

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä uuden kivennäismaapellon raivausalan pientymistä (Maanavilja ym. 2021 s. 29). WAM-skenaarion vertailukohtana on kivennäismaapeltojen raivausten nykytila, jossa uutta peltoa raivataan kivennäismailta vuosittain 1918 ha. Verrattuna tähän, WAM-skenaarion toteutuessa uutta kivennäismaapeltoa jäisi raivaamatta yhteensä noin **17 900 ha vuoteen 2035 mennessä** ja noin 45 700 ha vuoteen 2050 mennessä.

Ilmastovaikutukset

Raivausten rajoittaminen on uusien maankäyttösektorin päästöjen syntymistä estävä toimi. Ilmastovaikutuksia on arvioitu ILMAVA-raportissa esitettyjen metsityksen päästökertoimien avulla (Lehtonen ym. 2021 s.12 taulukko 2).

Kertoimet kuvaavat kuinka metsittäminen pienentää kasvihuonekaasupäästöjä verrattuna aiempaan maankäyttöön. Ne huomioivat sekä puuston hiilinielun että maaperäpäästöjen vaikutuksen. Vertailevien kertoimien perusteella 15-30-vuotiaan metsämaan päästöt ovat keskimäärin 6,4 t CO₂-ekv./ha/v pienemmät kuin kivennäismaata olevan maatalousmaan. Vastaavasti 30-45-vuotiaan metsämaan päästöt ovat keskimäärin **6,9 t CO₂-ekv./ha/v** pienemmät kuin kivennäismaata olevan maatalousmaan. Raivauksessa menetetään puuston hiilivarasto ja tuleva hiilinielu. Näiden päästöjen ja nielumuuotosten määrä riippuu raivattavasta kohteesta ja tarkasteltavasta ajanjaksosta – joka tapauksessa hiilivarasto vähenee raivauksen johdosta. Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen kivennäismaapeltoja olisi 17 900 ha vähemmän niin vuonna **2035 vuotuinen päästövähennelmä olisi 124 000 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Raivausten rajoittaminen säästää yksityiseltä maanomistajalta raivauskustannukset, mutta aiheuttaa tulonmenetyksen, joka on sen menetetyn lisätuoton suuruinen, jonka maanomistaja olisi saanut maan käytöstä peltona verrattuna sen käyttöön metsänä. Tämä tuotonmenetyksen on arviolta 0–171 €/ha/v perustuen oletukseen, että viljely ei ole kannattavaa ilman maataloustukia ja että uusille raivauksille on saatavissa vain maatalouden perustuet (lue tarkempi selite toimenpiteen 4.5 kohdalta). Lisäksi toimenpide aiheuttaa perustukien suuruisten julkisten menojen pienentymisen. **Toimenpide on kustannusvaikuttava**, sillä se vähentää yksityisen ja julkisen sektorin yhteenlaskettuja kokonaiskustannuksia yhtä aikaa, kuin se estää uusien päästöjen syntymistä.

Hyväksyttävyyden ja ohjauskeinot

Pellonraivausten rajoittamiselle on esitetty samoja ohjauskeinoja sekä kivennäis- että turvemaiden tapauksessa (lue tarkempi selite toimenpiteen 4.5 kohdalta). Kivennäismaapeltojen raivausten rajoittaminen voi olla turvemaapeltojen raivausten rajoittamista heikommin hyväksyttävää, sillä sen ilmastovaikutukset jäävät pienemmiksi.

4.7 Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä hylätyn turvepellon metsittämistä (Maanvilja ym. 2021 s. 29). WAM-

skenaarion perusteella laskettuna hylättyjä turvemaapelloja metsitettäisiin yhteensä noin **8500 ha vuoteen 2035 mennessä** ja noin 18 200 ha vuoteen 2050 mennessä.

Ilmastovaikutukset

Hylättyjen turvemaaperäisten joutomaiden metsitys on maankäyttösektorin maaperäpäästöjä vähentävä ja puuston kasvun kautta hiilinieluja kasvattava toimi. Ilmastovaikutukset kuitenkin realisoituvat vasta pitkällä aikavälillä yli 20 vuoden päästä metsityksestä. Ennen tätä metsityksellä on päästöjä lisäävä vaikutus hylätyillä turvemaapelloilla. Ilmastovaikutuksia on arvioitu ILMAVA-raportissa esitettyjen turvemaiden eri käyttötarkoituksille laskettujen päästökertoimien avulla (Lehtonen ym. 2021 s.15 taulukko 4). Pois käytöstä jätetyn turvemaapellon maaperäpäästöt ovat keskimäärin 15,5 t CO₂-ekv./ha/v, alle 20-vuotiaan metsän 18 t CO₂-ekv./ha/v ja yli 20-vuotiaan metsän 3 t CO₂-ekv./ha/v. Näin ollen **hylätyn turvemaapellon metsittäminen kasvattaisi ensimmäisen 20 vuoden aikana metsittämisestä vuosittaisia maaperäpäästöjä keskimäärin 2,5 t CO₂-ekv./ha/v.**, jonka jälkeen se laskisi vuosittaisia maaperäpäästöjä keskimäärin 12,5 t CO₂-ekv./ha.

Metsityksen on arvioitu lisäävän turvemaapellojen metsityksessä **puuston vuosittaisia hiilinieluja 1,9 t CO₂-ekv./ha/v ensimmäisen 15 vuoden ajanjaksolla** metsityksen toteuttamisesta, 6,3 t CO₂-ekv./ha/v kun metsityksestä on kulunut 16-30 vuotta ja 6,9t CO₂-ekv./ha/v kun siitä on kulunut 31-45 vuotta (Lehtonen ym. 2021 taulukko 2).

Kokonaisuudessaan hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsityksen ilmastovaikutus koostuu sekä maaperän että puuston hiilinielujen summasta. **Näin ollen hylätyn turvemaapellon metsittäminen lisäisi päästöjä 0,6 t CO₂-ekv./ha/v ensimmäisen 15 vuoden aikana metsittämisestä** (maaperän päästö 2,5 t CO₂-ekv./ha/v vähennettynä puuston nielulla 1,9 t CO₂-ekv./ha/v). Mitä aikaisemmin metsitys toteutetaan, sitä aikaisemmin sillä alkaa olla maankäyttösektorin kokonaispäästöjä vähentävä vaikutus. Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen olisi metsitetty 8 500 ha joutoaluetta niin vuonna 2035 vuotuinen päästöjen **lisäys olisi yhteensä 5 100 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Toimenpiteestä koituu investointikustannuksena metsityskustannus. Tällä hetkellä yksityinen maanomistaja saa hylättyjen turvemaapellojen metsityksestä yhteensä 2900 €/ha suuruiset julkisen sektorin maksamat metsitys- ja hoitotuet. **Maanarvon voidaan olettaa nousevan**

metsitysinvestoinnin johdosta, mutta kuitenkin enintään investoinnin verran.

Negatiivisten ilmastovaikutusten vuoksi toimenpide ei ole kustannusvaikuttava lyhyellä, vuoteen 2035 loppuvalla aikavälillä. Toimenpiteen kustannustehokkuus kuitenkin paranee pidemmällä aikavälillä.

Hyväksyttävyyys ja ohjaukset

Maanomistajia ohjataan joutoalueiden metsitykseen metsitystuen avulla. Tuki tekee joutoalueiden metsityksestä maanomistajalle kannattavaa, kun huomioidaan metsästä pitkällä aikavälillä odotettavat tuotot. Esteitä metsityksen toteutumiselle saattaa ilmetä, mikäli maanomistaja kokee metsityksen odotetuista tuotoista ja tuesta huolimatta kannattamattomaksi toteuttaa. Taimikon kasvaminen tuottavaksi metsäksi voi olla erityisesti turvemaapelloilla työlästä ja haastavaa. Odotetut tuotot saattavat realisoitua maanomistajan näkökulmasta niin myöhään, että metsitystä ei koeta houkuttelevaksi. Mikäli tietoisuus metsityksen hyödyistä tai metsitykselle saatavasta tuesta ovat heikkoja, panostaminen tietoisuuden lisäämiseen esimerkiksi viestinnän keinoin voi olla tarpeellista.

4.8 Lisätään hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") pellon metsitystä

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä hylätyn kivennäismaapellon metsittämistä (Maanvilja ym. 2021 s. 29). WAM-skenaariota perusteella laskettuna hylättyjä kivennäismaapelloita metsitettäisiin yhteensä noin **29 700 ha vuoteen 2035** mennessä ja noin 64 000 ha vuoteen 2050 mennessä.

Ilmastovaikutukset

Metsityksen ilmastovaikutukset hylättyjen kivennäismaapellojen tapauksessa on oletettu samoiksi kuin maatalouskäytössä olevien kivennäismaapellojen tapauksessa. Ilmastovaikutuksien arviointiin on käytetty ILMAVA-raportin päästövähennyskertoimia metsitykselle kivennäismaapelloilla (Lehtonen ym. 2021 s. 12 taulukko 2). Metsityksen on arvioitu **vähentävän kivennäismaapellojen vuosittaisia päästöjä 3,8 t CO₂-ekv./ha/v ensimmäisen 15 vuoden ajanjaksolla** metsityksen toteuttamisesta, 6,4 t CO₂-ekv./ha/v kun metsityksestä on kulunut 16-30 vuotta ja 6,9t CO₂-ekv./ha/v

kun siitä on kulunut 31-45 vuotta. Myös hylättyjen kivennäismaiden kohdalla metsityksen ilmastohyödyt realisoituvat sitä nopeammin mitä aikaisemmin metsitys toteutetaan. Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen olisi metsitetty 29 700 ha joutoaluetta niin vuonna 2035 vuotuinen päästöjen **vähennys olisi yhteensä 113 000 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Toimenpiteestä koituu investointikustannuksena metsityskustannus. Tällä hetkellä yksityinen maanomistaja saa hylättyjen kivennäismaapellojen metsityksestä yhteensä 2400 €/ha suuruiset julkisen sektorin maksamat metsitys- ja hoitotuet. Maanarvon voidaan olettaa säilyä samana tai nousevan metsitysinvestoinnin johdosta verrattuna joutomaan arvoon. Ei voida kuitenkaan olettaa, että maanarvo nousee enemmän kuin investoinnin arvon verran, koska maanomistajan olisi ollut kannattavaa toteuttaa toimi jo aiemmin.

Toimenpiteen yhteiskunnallisten kustannukset ovat 0-2400 € ja ilmastohyödyt 6,4-6,9 t CO₂-ekv./ha vuosikymmenien ajan. Esimerkiksi **45 vuoden ilmastohyötyjen kustannusvaikuttavuus on enintään 9,3€/ t CO₂-ekv.** (2400€/ha /((15v * (3,8+6,4+6,9)) t CO₂-ekv./ha/v)).

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Hylättyjen joutomaiden metsitystä ohjataan jo nykyisin metsitystuella. Hyväksyttävyyteen hylättyjen kivennäismaapellojen metsityksen tapauksessa vaikuttavat samat tekijät kuin hylättyjen turvemaapellojen tapauksessa (katso toimenpide 4.7).

4.9 Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot)

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä turvemaapellon metsittämistä (Maanavilja ym. 2021 s. 29). Toimenpide kohdistuisi nykyisin maatalouden käytössä oleville turvemaapelloille ja siten **vähentää maatalouden ruuan tuotantoa ja sen kapasiteettia.** WAM-skenaarion perusteella laskettuna hylättyjä kivennäismaapelloja metsitettäisiin yhteensä noin **8 800 ha vuoteen 2035 mennessä** ja noin 18 700 ha vuoteen 2050 mennessä. Kekkonen ym. (2019) ovat arvioineet metsitykseen soveltuvan ohutturpeisen laajaperäisesti viljellyn turvemaapellon pinta-alaksi Suomessa 9000 ha ja ohutturpeisen aktiiviviljellyn pellon pinta-alaksi 79 000

ha. Toimenpiteen tavoitealan saavuttamiseksi tulisi metsittää kaikki laajaperäisesti viljelty ohutturpeinen turvemaapelto ja osa nykyisin aktiiviviljellystä ohutturpeisestä alueesta.

Ilmastovaikutukset

Ilmastovaikutuksien arviointiin on käytetty ILMAVA-raportin päästövähennyskertoimia metsitykselle turvemaaperäisellä maatalousmaalla (Lehtonen ym. 2021 s. 12 taulukko 2). Metsityksen on arvioitu vähentävän turvemaapeltojen vuosittaisia päästöjä **9,8 t CO₂-ekv./ha** ensimmäisen 15 vuoden ajanjaksolla metsityksen toteuttamisesta, 15,4 t CO₂-ekv./ha kun metsityksestä on kulunut 16-30 vuotta ja 17,1 t CO₂-ekv./ha kun siitä on kulunut 31–45 vuotta. Myös turvemaapeltojen kohdalla metsityksen ilmastohyödyt realisoituvat sitä nopeammin mitä aikaisemmin metsitys toteutetaan. Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen olisi metsitetty 8 800 ha turvemaapeltota niin vuonna 2035 vuotuinen päästöjen **vähennemä olisi yhteensä 86 000 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Kustannukset maatalouskäytössä olevien turvemaapeltojen metsityksestä kohdistuvat tällä hetkellä täysimääräisesti yksityiselle sektorille. Maanomistajalle koituu metsityskustannuksen lisäksi pellon maatalouskäytön tuoton menetys. Maatalouskäytön tuoton menetys jää huonotuottoisilta peltolohkoilta aktiiviviljeltyjä lohkoja pienemmäksi. Maataloustukien määränä laskelmassa on käytetty säilörehun ja kauran C1-alueen mukaisten maataloustukien keskiarvoa, joka on noin 530 euroa (MML/Arviointi- ja korvaustiedot 2021). **Metsitys kohdistuu huonotuottoisimmille alueille, voidaan olettaa, että yksityisen maanomistajan vuosittaisten viljelytuottojen menetys on maksimissaan tämän tuen suuruinen.** Laskelmassa ei ole huomioitu sadon myynnistä saatavaa myyntituloa tai -tappiota tätä tarkemmin.

Kyseessä on viljelykäytössä oleva peltoala, jolloin voitaneen olettaa, että sen **paljaanmaanarvo on metsätalouskäytössä positiivinen tai vähintään nolla.** Näin ollen metsityksen kustannukset lisäävät maanarvoa metsätalouskäytössä investoinnin verran. Näin ollen viljelijän kokonaiskustannukseksi metsityksestä muodostuu enimmillään 530 €/ha vuotuinen tulon menetys. Viiden prosentin korkokannalla tämän maataloustuen **maanarvoa nostava vaikutus (kustannus metsityksestä) on**

maatalouskäytössä enimmillään 10 600€/ha ($530\text{€/ha/v} / 0.05/\text{v} = 10600\text{ €/ha}$).

Metsitys vähentää julkisen sektorin menoja keskimääräisesti laskettujen maataloustukien verran eli 530 €/ha/v. **Näin ollen toimenpide on ilmastotarkastelussa kustannusvaikuttava toimenpide sen vähentäessä yhteiskunnan kustannuksia.**

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Koska metsitys ei ole yksityisen sektorin näkökulmasta kannattavaa, toimenpide ei tule toteutumaan ilman ohjauskeinoja. Julkisen sektorin kannalta metsityksen tuki on kannattava, jos se on pienempi kuin nykyisin maksettavat maataloustuet. Toimenpiteen on tarkoitus kohdistua huonosti tuottaville turvemaille, näiden kannattavuus on myös huono, joten riittävän matala tuki ohjaa metsitystä juuri näille kohteille. Tällöin myös metsityksen vaikutukset ruuantuotantoon jäävät pienemmiksi.

Joutomaiden metsitystukea voitaisiin laajentaa koskemaan myös metsitystä peltomailla. Vaikka viljelyn turvemaapellon metsitys tehtäisiin maanomistajalle taloudellisesti kannattavaksi, voi metsityksen heikko hyväksyttävyyys luoda haasteen toimenpiteen toteuttamiselle. PTT:n vuonna 2019–2020 toteuttaman selvityksen perusteella vain 25 % turvemaata omistavista viljelijöistä olisi kiinnostunut peltojensa metsittämisestä (Haltia ym. 2020). Mittavimmat rajoitteet kyselyn mukaan olivat tuottojen pienentyminen, mutta myös käsitys siitä että peltojen metsitys on epävarmaa, työlästä ja kallista (Haltia ym. 2020).

4.10 Lisätään kivennäismaapellon metsitystä

Toimenpiteellä tarkoitetaan HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa esitettyä kivennäismaapellon metsittämistä (Maanvilja ym. 2021 s. 29). Toimenpide kohdistuisi nykyisin maatalouden käytössä oleville pelloille. WAM-skenaarion perusteella laskettuna kivennäismaapeltoja metsitettäisiin yhteensä noin **14 700 ha vuoteen 2035** mennessä, mikä on noin n. 1,5 % yksivuotisten ruuan- tai rehuntuotantokasvien viljelypinta-alasta (14 700 ha/ 1 000 000 ha). Vuoteen 2050 mennessä metsitetään 32 700 ha. Teoriassa potentiaalisia metsitettäviä kivennäismaapeltohehtaareita löytyy Suomesta riittävästi tavoitealan saavuttamiseen, mutta metsittämisalan kasvaessa mittavaksi toimenpiteellä on vaikutusta kotimaiseen ruuantuotantoon.

Ilmastovaikutukset

Ilmastovaikutuksien arviointiin on käytetty ILMAVA-raportin päästövähennyskertoimia metsitykselle kivennäismaaperäisellä maatalousmaalla (Lehtonen ym. 2021 s. 12 taulukko 2). Metsityksen on arvioitu vähentävän kivennäismaapeltojen vuosittaisia päästöjä **3,8 t CO₂-ekv./ha ensimmäisen 15 vuoden ajanjaksolla** metsityksen toteuttamisesta, 6,4 t CO₂-ekv./ha kun metsityksestä on kulunut 16-30 vuotta ja 6,9 t CO₂-ekv./ha kun siitä on kulunut 31-45 vuotta. Myös kivennäismaapeltojen kohdalla metsityksen ilmastohyödyt realisoituvat sitä nopeammin mitä aikaisemmin metsitys toteutetaan. Mikäli vuonna 2035 toimenpiteestä johtuen olisi metsitetty 14 700 ha kivennäismaapelta niin vuonna 2035 vuotuinen päästöjen **vähennemä olisi yhteensä 56 000 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikutukset

Kuten turvemaapeltojen metsitystoimen tapauksessa, kustannukset maatalouskäytössä olevien kivennäismaapeltojen metsityksestä kohdistuvat tällä hetkellä täysimääräisesti yksityiselle sektorille. Maanomistajalle koituu metsityskustannuksen lisäksi pellon maatalouskäytön tuoton menetys. Maatalouskäytön tuoton menetys on kivennäismaapelloilla suurempi kuin huonotuottoisilta turvepeltolohkoilta.

Maataloustukien määränä käytetään C1-alueen säilörehun ja kauran maataloustukien euromääräistä keskiarvoa kuten edellisessä (4.9) turvemaan metsitystoimenpiteessä, 530 €/ha (MML/Arviointi- ja korvaustiedot 2021).

Oletetaan, että metsitys pyritään kohdistamaan huonohkoille kivennäismaille, toimenpiteen hyväksyttävyyden takia. Samalla oletetaan, että yksityisen maanomistajan vuosittaisten viljelytuottojen menetys on maksimissaan maataloustuen suuruinen.

Kyseessä on viljelykäytössä oleva peltoala, jolloin voitaneen olettaa, että sen **paljaanmaanarvo on metsätalouskäytössä positiivinen tai vähintään nolla**. Näin ollen metsityksen kustannukset lisäävät maanarvoa metsätalouskäytössä investoinnin verran. Näin ollen viljelijän kokonaiskustannukseksi metsityksestä muodostuu **enimmillään 530 €/ha vuotuinen tulon menetys**. Viiden prosentin korkokannalla tämän **maataloustuen maanarvoa nostava vaikutus (kustannus metsityksestä) on maatalouskäytössä enimmillään 10 600€/ha** ($530€/ha/v / 0.05/v = 10600 €/ha$).

Metsitys vähentää julkisen sektorin menoja keskimääräisesti laskettujen maataloustukien verran eli 530 €/ha/v. **Näin ollen toimenpide on**

ilmastotarkastelussa kustannusvaikuttava toimenpide sen vähentäessä yhteiskunnan kustannuksia.

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Koska metsitys ei ole yksityisen sektorin näkökulmasta kannattavaa, toimenpide ei tule toteutumaan ilman ohjauskeinoja. Toimenpiteen ohjauskeinojen ja hyväksyttävyyden voidaan arvioida olevan samoja / samantyyppisiä kuin turvemaapeltojen metsityksen yhteydessä (toimenpide 4.9). Hyväksyttävyyttä suhteessa turvemaapeltojen metsitykseen saattaa vähentää toimenpiteen pienemmät ilmastovaikutukset sekä suurempi pinta-alan skaala, jolla on suuremmat vaikutukset ruuantuotannon käytössä olevaan viljelypinta-alaan. Vaikutuksia ruuantuotantoon voidaan vähentää suuntaamalla metsitys huonotuottoisimmille alueille käyttäen riittävän pientä metsityskorvausta.

4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5–10 cm)

Toimenpiteellä viitataan HIISI:n WAM-skenaarion ilmastokosteikkotoimenpiteeseen. WAM-skenaariossa ilmastokosteikkoja aletaan lisätä vuodesta 2023 lähtien 556 hehtaaria vuodessa ja vuoden 2040 tavoiteala ilmastokosteikoille on 10 000 hehtaaria. WAM-skenaariota mukaillen ilmastokosteikkojen ala kasvaa noin **7 200 hehtaariin vuoteen 2035** mennessä. Mikäli kehitys jatkuu vuoden 2040 jälkeen lineaarisesti, vuonna 2050 ilmastokosteikkojen pinta-ala tulisi olemaan noin 15 600 ha.

Maatalouden ilmastotiekartan (Lehtonen ym. 2020) mukaan on hyvin vaikeaa arvioida, kuinka paljon Suomessa on ennallistamiseen ja näin ilmastokosteikkojen perustamiseen soveltuvaa turvemaapeltoa. Kosteikkojen perustaminen turvepelloille ei ole aina helppoa ja onnistuminen riippuu vahvasti alueen topografisista ja hydrologisista ominaisuuksista (Lehtonen ym. 2020). Oksalan (2019) opinnäytetyössä on arvioitu turvemaapeltojen soveltuvuutta ennallistamiseen Pohjois-Pohjanmaan tapausalueella. Selvityksen mukaan vain 9 % alueen paksuturpeisista pelloista oli ennallistamiseen sopivia. Jos tämä arvio pitää paikkansa myös koko Suomen tapauksessa, toimenpiteeseen soveltuvaa peltopinta-alaa on Suomessa noin 15 000 hehtaaria (166 500 ha*0,09, ks. Liite 3 - Taulukko 2). **Tällöin 48 %**

potentiaalisesta toimenpiteen maa-alasta olisi toimenpiteen piirissä vuonna 2035 ja koko potentiaalinen maa-ala olisi käytössä 2050.

Ilmastovaikutukset

Turvemaapeltojen ennallistaminen ilmastokosteikoiksi vähentää maaperässä syntyviä ilmastopäästöjä. Ilmastokosteikkojen rakentaminen arvioitiin vähentävän ilmastopäästöjä keskimäärin **26,2 t CO₂-ekv/ha/v**. Arviossa oletettiin 38 % turvempeltomaasta on ollut yksivuotisten viljelyssä ja 62 % monivuotisilla nurmilla turvemaiden viljelyn todellisen jakauman mukaisesti (ks. Liite 3 Taulukko 2). Tällöin alkutilanteessa päästöt olivat keskimäärin 29 t CO₂-ekv /ha/v. Kosteikkojen päästöjen oletettiin olevan samat kuin vetetyillä kosteikkoviljelyalueilla eli 2,8 t CO₂-ekv /ha/v (Liite 2). **Mikäli toimenpiteen toteutusala on oletettu 7 200 ha vuonna 2035** niin vuotuinen päästövähennys olisi **189 000 t CO₂ ekv./v**.

Kustannusvaikuttavuus

Ilmastokosteikkojen rakentamisesta koituu yksityiselle sektorille suoria kustannuksia investointikustannuksina sekä välillisiä kustannuksia viljelytuottojen menetyksinä. Tässä arviossa investointikustannukset vuositasolle muutettuna vaihtelevat RATU-hankkeen (Lehtonen ym. 2020) arvioiden perusteella 35–250 €/ha/v. Oletetaan että toimenpide kohdistuu maille, joilla viljelystä saatava tuotto on nolla tai negatiivinen ilman maataloustukia. Tällöin maanomistajan katetuotto laskee (viljelytuotto+tuot) enintään maataloustukien vähenemisen verran, eli n. 530 €/ha/v. Maataloustukien keskimääräinen arvo on laskettu samoin kuin metsitystoimenpiteissä (4.9 ja 4.10) C1-alueen säilörehunurmen ja kauran maataloustukien keskiarvona (MML/Arviointi- ja korvaustiedot 2021).

Ilmastokosteikot ovat yhteiskunnan kannalta kustannusvaikuttava toimenpide. Ilmastokosteikkojen tuki tulee pitää kuitenkin nykyistä maataloustukea alemmalla tasolla (ilmastokosteikon vuositasolle muutetut kustannukset ovat vain n. 10–50 % maataloustuen määrästä). Pinta-ala tavoitteisiin sisältyy paljon epävarmuutta.

Hyväksyttävyyden ja ohjauskeinot

Ilmastokosteikkoinvestointi ja viljelyn katetuoton menetys (viljelytuotto+tuot) laskevat viljelijöiden tuloja. Investointituki on tarpeen ulottaa koskemaan myös ilmastokosteikkoja CAP27-ohjelmakaudella, mikäli toimenpiteen tavoitepinta-

alan halutaan toteutuvan. Viljelijöille osoitetun turvemaat-toimien hyväksyttävyyttä mittaavan kyselyn (Haltia ym. 2020) perusteella 18 % vastaajista oli kiinnostunut peltojen muuntamisesta kosteikoiksi. Keskimääräinen korvausvaatimus toimenpidehehtaaria kohden kosteikon perustamisesta oli kyselyssä toteutetun valintakokeen perusteella 643 €/v (Haltia ym. 2020). Kuitenkin pienemmällä korvauksella toimenpide kohdistuisi katetuotoltaan heikommilla maihin ja olisi siten kustannusvaikuttavampi.

4.12 Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)

Samoin kuin ilmastokosteikkojen (4.11) osalta, vesiensuojelukosteikkojen potentiaalinen pinta-ala riippuu alueen hydrologisista sekä topologisista ominaisuuksista, joten tarkkaa arvioita varsinaisesta potentiaalista on hankalaa tehdä. Turvemailla sijaitsevien vesiensuojelukosteikkojen potentiaalista pinta-alaa voidaan arvioida hyödyntämällä ilmastokosteikkojen potentiaalia, 14 000 ha. Kuitenkin esimerkiksi HIISI-hankkeen WAM-skenaarioissa (Lehtonen ym. 2021) turvemaapeltoa siirtyy **vesiensuojelukosteikoksi arvioilta vain noin 10 ha/v** ja kokonaisuudessa 180 ha vuosien 2023 ja 2040 välillä.

Ilmastovaikutukset

Vesiensuojelukosteikkoja käytetään pääsääntöisesti pelloilta ja metsistä tulevan ravinne- sekä kiintoainekuorman pidättämiseen. Kosteikot muodostetaan nostamalla vedenpintaa maanpinnan yläpuolelle esimerkiksi patoamalla veden kulkureittejä. Vedenpintaa nostamalla voidaan hidastaa turvepelloilla hajoavaa hiiltä, sekä lisätä esimerkiksi luonnon monimuotoisuutta. Vedenpinnan nostamisen haittapuolena on lisääntyvät metaanipäästöt, jotka riippuvat kosteikon olosuhteista, esim. vedenkorkeudesta (IPCC 2014). Erotuksena ilmastokosteikkoihin, vesiensuojelukosteikoissa vedenkorkeus on maanpinnan yläpuolella, jolloin metaanipäästöt lisääntyvät. On tärkeää huomata, että vesiensuojelukosteikkojen osalta päästökertoimien suuruuteen liittyy

huomattavaa epävarmuutta, sekä hiilidioksidi- että metaanipäästöjen osalta (IPCC 2014).

Kustannusvaikuttavuus

Vesiensuojelukosteikkojen rakentamisesta koituu yksityiselle sektorille samankaltaiset suorat ja välilliset kustannukset kuin ilmastokosteikkojen perustamisesta (4.11). Vesiensuojelukosteikon perustamiselle saa investointitukea enintään 11 669 €/ha ja pienten kohteiden (0,3–0,5 ha) osalta, korvaus on enintään 3225 €/kohde. Tämän lisäksi, kosteikkojen hoidosta maksetaan korvausta 450 €/ha/v. Yksityisen sektorin näkökulmasta vesiensuojelukosteikon kannattavuus riippuu ennallistamisen hehtaarikohtaisista investointi- ja hoitokustannuksista. Kannattavinta kosteikkojen perustaminen olisi yksivuotisten kasvien, kuten kauran viljelyyn käytetyille peltoalueilla, joilla kosteikkoinvestoinnista aiheutuvat suorat ja välilliset kustannukset olisivat pienimmät. Julkisen sektorin näkökulmasta hoitomaksun lisäksi kosteikkoinvestoinnin tukeminen kasvattaa tukimaksujen kokonaissummaa. Muutokset viljelystä poistuvan pinta-alan tukitasoissa eivät riitä kompensoimaan keskimääräisen investointituen sekä hoitokorvauksen muodostamaa kokonaistukea, mutta tämä riippuu vahvasti investointikustannusten määrästä.

Toimenpiteen ilmastollista kustannusvaikuttavuutta on ei voida arvioida, koska vesiensuojelu kosteikot ovat näin pienillä toteutusaloilla yksilöllisiä kustannustensa ja ilmastovaikutustensa osalta. Lisäksi toimenpide on ensisijaisesti vesiensuojelutoimenpide ja ilmastovaikutukset ovat sivutuote. Kustannusten kohdentaminen pelkästään ilmastovaikutuksille ei anna oikeaa kuvaa. Esimerkiksi mikäli toimenpiteellä saataisiin vähennettyä turvemaan yksivuotisten kasvien tuotannon päästöt nollaan niin 10 ha vuotuisella tavoitteella päästövähennemiä saataisiin Suomessa vain 351 t CO₂-ekv./v. Tällöin pelkästään yhden henkilötyövuoden hallinnollisella kustannuksella 81 000 €/v (ks. luku 2) päästövähennemän hallinnolliseksi kustannukseksi muodostuu 231€ /t CO₂-ekv./ha.

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Ohjauskeinojen kohdistaminen toimenpiteelle olisi kuitenkin kannattavinta, mikäli tavoitteena on vesistö päästöjen vähentäminen. PTT:n tekemän kyselyyn perusteella kosteikkojen perustaminen maatalousalueille kiinnosti 18 % vastaajista ja keskimääräinen korvausvaatimus toimenpidehehtaaria kohden 643 €/v (Haltia ym. 2020).

4.13 Siirretään kivennäismaapeltoa vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)

Suomessa kivennäismaapeltoalaa on huomattavasti suhteessa esimerkiksi turvemaihin. Toimenpiteen potentiaalista pinta-alaa on kuitenkin haastava arvioida sillä toteuttamismahdollisuudet riippuvat suuresti alueen topografisista sekä hydrologisista ominaisuuksista. HIISI-hankkeen (Lehtonen ym. 2021) WAM-skenaariossa pinta-ala, joka muuttuu kivennäispeltomaasta vesiensuojelukosteikoksi, on arviolta 90 ha/v eli yhteensä noin 1170 ha vuonna 2035.

Ilmastovaikutukset

Viljelyssä olevilla kivennäismailla on turvemaapeltoihin verrattuna huomattavasti pienemmät ilmastopäästöt (mm. Lehtonen ym. 2021). Vesiensuojelukosteikkojen perustamisen ilmastopotentiaali kivennäismailla on hyvin rajallinen johtuen kivennäismaaperän pienistä ilmastopäästöistä ja useassa tapauksessa vaikutus voi olla jopa negatiivinen (KHK-päästöjä lisäävä). Erityisesti vedenkorkeus, joka peittää veden alle laajoja alueita, voi lisätä merkittävästi kosteikon metaanipäästöjä.

Kustannusvaikuttavuus

Kuten muidenkin kosteikkojen osalta, toimenpiteen kustannukset muodostuvat suorista kustannuksista kuten investointikustannuksista sekä vaihtoehtoiskustannuksista, kuten viljelijän tulonmenetyksenä, kun maatalousmaata on muutettu viljelystä kosteikkokäyttöön. Kosteikonperustamiskustannuksia kompensoidaan investointituella, joka riippuu kohteen suunnittelun ja rakentamisen aiheuttamista kustannuksista. Kosteikon hoidosta maksetaan korvausta 450€.

Toimenpiteen ilmastohyödyt ovat hyvin epävarmat, ja myös lähtötilanteen eli kivennäismaiden maaperäpäästöt ovat pienet. Toteutus ala on pieni, kuten vastaavan turvemaan toimenpiteenkin. Näin ollen jo hallinnolliset kustannukset, kuten turvemaan tapauksessa, tekevät toimesta ilmastonäkökuilmasta kannattamattoman toimenpiteen.

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Toimenpiteen ilmastohyödyt ovat hyvin epävarmat, ja lisäksi kivennäismaiden pienten maaperäpäästöjen vuoksi kosteikkoja ei kannata rakentaa kivennäis-

maille ilmastopäästöjen vähentämistarkoituksessa. Mikäli kosteikkoja rakennetaan, täytyy niiden kustannusvaikuttavuusarvioinnissa huomioida muut luonto- ja ekosysteemipalvelut.

4.14 Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla

HIISI:n WAM-skenaariossa turvemaan nurmiviljely korotetulla vedenpinnalla -toimenpiteen pinta-alatavoite vuonna 2030 on noin 17 500 hehtaaria ja noin 42 500 hehtaaria vuonna 2040, mikä tarkoittaa vuositasolla keskimäärin 2500 hehtaarin vuosittaista lisäystä. WAM-skenaariota mukaillen turvemaan nurmiviljelyssä korotetulla vedenpinnalla on käytössä **32 500 hehtaaria vuoteen 2035 mennessä** ja 70 000 hehtaaria vuoteen 2050 mennessä.

Luonnonvarakeskus on arvioinut sääätösalojitukseen soveltuvaksi alaksi noin 600 000 hehtaaria koko Suomen peltoalasta (Järvelä 2019). Jos tästä alasta 10 prosenttia sijaitisi turvemaapelloilla turvemaaja- ja kivennäismaapeltojen todellisen jakauman (Liite 3 - Taulukko 1) mukaisesti, Suomessa olisi yhteensä noin 60 000 hehtaaria sääätösalojitukseen soveltuvaa turvemaapeltoalaa. Toimen kokonaistavoite 42 500 hehtaaria vuoteen 2040 mennessä vaatisi tällöin lähes koko soveltuvan alan sääätösalojittamista ja vuoden 2050 **tavoiteala 70 000 hehtaaria saattaa olla mahdotonta toteuttaa potentiaalipuuttumisen vuoksi.**

Ilmastovaikutukset

Turvemaan nurmiviljely korotetulla vedenpinnalla on ilmastovaikutukseltaan maaperäpäästöjä vähentävä toimenpide. Sääätösalojituksen ja avo-ojiin asennettavien sääätöpatojen avulla voidaan estää turpeen hajoamista vedenpintaa nostamalla. Vedenpinnan alle jäävä turve on suojassa hapelliselta mikrobien hajoamiselta (Regina ym. 2014).

Toimenpiteen ilmastovaikutusta hiilinieluun laskettaessa on oletettu, että 38 prosenttia turvemaan korotetun vedenpinnan nurmiviljelyyn käytetystä alasta on ollut aiemmin yksivuotisten viljelyssä ja 62 prosenttia monivuotisten viljelyssä turvemaapeltojen viljelyn todellisen jakauman mukaisesti (Kekkonen ym. 2019). Tällöin alkutilanteessa päästöt ovat keskimäärin 29 t CO₂-ekv./ha/v. Korotetulla vedenpinnalla nurmiviljelyn päästökerroin on 14,9 t CO₂-ekv./ha/v (Liite 2). Tällöin saadaan keskimääräinen päästövähennys **14,1 t CO₂ ekv./ha/v. Mikäli toimenpiteen toteutusala on oletettu 32 500 ha vuonna 2035 niin vuotuinen päästövähennys olisi 458 000 t CO₂ ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Yksityisen maanomistajan kustannukseksi on oletettu sääätosalaoituksen investointikustannus ja vuosittainen sääätosalaojien hoitotyö. Toimenpiteen vaikutusta maatalouden tuloon ei ole huomioitu, koska korotetun vedenpinnan viljelyn vaikutuksista satotasoihin ei ole tarkkaa tutkimustietoa. Sääätosalaoituksen investointikustannukseksi arvioitiin Maatalouden Ilmastotiekartassa 4000–5000 €/ha. Vuositasolle nettonykyarvomenetelmällä muutettuna viiden prosentin korotusalla investointikustannus ($4500\text{€} \cdot 0.05$) on 225 €/ha/v. Sääätosalaoitukselle maksetaan investointitukea 40 % kustannuksista eli edellä olevalla investointikustannuksella 1800€/ha, joka on vastaavasti vuositasolle muutettuna 90€/ha/v. Sääätosalaoitukselle maksetaan hoitotyöstä ympäristökorvaus, jonka määrä on 70 €/ha/v. Oletetaan että tuen määrä kuvaa maatalouden kohtaamia kustannuksia. Näin ollen toimenpiteen vuosikustannuksiksi muodostuu 295€/ha/v ja **kustannusvaikuttavuudeksi 21€/t CO₂-ekv./ha.**

Turvemaan nurmiviljely korotetulla vedenpinnalla sopii Ilmastotiekartan mukaan harvoille tiloille, erityisesti kotieläintiloilla märkä pelto on hankala ja riskialtis (Lehtonen ym. 2019). Viljelijälle riskinä on se, että märkinä vuosina peltoa ei saada riittävän kuivaksi kasvinviljelyn tärkeinä ajankohtina ja sadon laatu ja määrä jäävät heikoiksi. Märkä pelto voi myös jäättyä syvältä seuraavana talvena eikä sula ajoissa keväällä viljelytoimenpiteitä varten. Korotetun vedenpinnan viljelyn vaikutuksista satotasoihin ei ole tarkkaa tutkimustietoa. Hyvin kuivina vuosina toimenpide voi parantaa satotasoa. Sääätosalaoitukselle maksetaan investointiavustus, joka on 40 prosenttia kustannuksista.

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Siirtyminen perinteisestä turvemaan viljelystä korotetun vedenpinnan nurmiviljelyyn ei ole tällä hetkellä maanomistajille kannattavaa. Märän pellon viljely on riskialtista. Viljelijän täytyy mahdollisesti tehdä korjuukoneisiin liittyviä investointeja siirryttäessä korotetun vedenpinnan nurmiviljelyyn. Sääätosalaoitusta pidetään kalliina ja työläänä (Haltia ym. 2020). CAP27-suunnitelmassa on esitetty valumavesien käsittelyn ympäristökorvaus, mikä luo kompensatiota viljelijälle märkyyden aiheuttamasta taloudellisesta riskistä (Maanvilja ym., 2021). Toimenpiteen toteutettavuutta parantaisi myös sääätosalaoitusjärjestelmien kehittäminen, erityisesti säätöjärjestelmien automatisointi.

4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko)

Kosteikkoviljelyllä tarkoitetaan lähelle maanpintaa nostetussa vesitasossa tapahtuvaa viljelyä. Vedenpinta on tällöin 5-10 cm maanpinnan alapuolella. Kosteikkoviljely toteutetaan säätösalaajituksen keinoin. Kosteikkoviljelyn tavoitteellinen pinta-ala vuonna 2030 on HIISI:n WAM-skenaariossa yhteensä noin 5900 hehtaaria ja vuonna 2040 noin 13 000 hehtaaria. Tämä tarkoittaa keskimäärin 780 hehtaarin vuosittaista pinta-alan lisäystä kosteikkoviljelyyn. WAM-skenaariota mukaillen kosteikkoviljelyssä olisi vuonna **2035 noin 10 200 turvemaapeltohehtaaria**. Mikäli kosteikkoviljelyyn käytetyn alan kasvu jatkuu vuoden 2040 jälkeen lineaarisesti, vuonna 2050 kosteikkoviljelyyn on käytössä noin 22 000 peltohehtaaria turvemailla.

Pinta-alapotentiaalin selvittämiseksi tulisi tietää voidaanko määritelmät täyttävää kosteikkoviljelyä harjoittaa kaikella säätösalaajitukseen soveltuvalla turvemaapelolla, vain sillä peltoalalla, joka sopii ennallistettavaksi vai jotain tältä väliltä. Turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla käsittelevässä luvussa säätösalaajitukseen soveltuvan turvemaan pinta-alaksi arvioitiin 60 000 hehtaaria ja ilmastokosteikkoja käsittelevässä luvussa ennallistamiseen soveltuvan turvemaapellon pinta-alaksi arvioitiin 14 000 hehtaaria. Ennallistamiseen soveltuva ala ei riittäisi kosteikkoviljelyn 2050 tavoitealan täyttämiseen, mutta mikäli kosteikkoviljely voidaan toteuttaa säätösalaajitukseen soveltuvalla alalla, pinta-alapotentiaalia on tarpeeksi. Kosteassa viihtyviä ja kosteikkoviljelyyn soveltuvia kasveja ovat muun muassa ruokohelpi ja järviruoko, joita voidaan hyödyntää muun muassa energiakasveina. Kosteikkoviljelyn päätuotteena voidaan Naukkarisen (2021) mukaan pitää päästövähennystä, mutta arvoa voi saada tuotetulle sadollekin.

Ilmastovaikutukset

Turvemaan kosteikkoviljelyn avulla voidaan hidastaa maaperän hiilivarastojen hajoamista. Kosteikkoviljely on viljelyä märillä tai uudelleen vetetyillä turvemailla. Maan riittävä märkyys säilyttää olemassa olevaa turvekerrosta, edistää turpeen kertymistä ja ylläpitää turvemaiden luontaisia ominaisuuksia. (Naukkarinen 2021.) Toimenpiteen ilmastovaikutusta hiilinieluun laskettaessa on oletettu, että 38 prosenttia kosteikkoviljelyyn käytetystä alasta on ollut aiemmin yksivuotisten viljelyssä ja 62 prosenttia monivuotisten viljelyssä turvemaapeltojen viljelyn todellisen jakauman mukaisesti (Kekkonen ym. 2019). Tällöin alkutilanteessa päästöt olivat keskimäärin 29 t CO₂-ekv /ha/v. Vetetyillä kosteikkoviljelyalueilla päästökerroin on 2,8 t CO₂-ekv /ha/v (Liite 2). Toimenpiteen

päästövähennykseksi saadaan **26,2 t CO₂-ekv./ha/v** Mikäli toimenpiteen toteutusala on oletettu 10 200 ha vuonna **2035 niin vuotuinen päästövähennelmä olisi 267 000 t CO₂-ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Kosteikkokasveille, ruokohelvelle ja järviruokolle ei tällä hetkellä ole vielä toimivia markkinoita, joten viljelyn kannattavuus on hyvin epävarmaa. Kotieläintiloille kosteikkoviljely ei lähtökohtaisesti ole taloudellisesti kannattavaa, koska kosteikkokasvit eivät sovellu eläinten rehuksi. Lisäksi kannattavuutta heikentää kosteikkoviljelyyn soveltuvien koneiden hankinta, sillä tavanomainen maatalouskalusto ei sovellu märille ja hyvin pehmeille turvemaille. (Purola & Lehtonen 2021.) Kosteikkoviljelyn riskinä on myös korjuuajan märkyys, jolloin satoa ei saada korjattua (Maanavilja ym., 2021).

Toimenpiteen vaikutusta maatalouden tuloon ei ole huomioitu, koska kosteikkoviljelykasvien markkinatilanteen on hyvin epävarma. Näin ollen kosteikkoviljelyn tulojen oletetaan kattavan sen aiheuttamat kustannukset. Viljelijän tulona oletetaan olevan kosteikkoviljelystä saatavat maataloustuet. Yksityisen maanomistajan kustannuksena on oletettu säätösalaajituksen investointikustannus ja vuosittainen säätösalaajien hoitotyö sekä viljelytulojen menetys (MML/Arviointi- ja korvaustiedot 2021).

Säätösalaajituksen kustannukset ovat Maatalouden Ilmastotiekartassa 4000–5000 €/ha. Vuositasolle nettonykyarvomenetelmällä muutettuna viiden prosentin korkotasolla investointikustannus ($4500€ \cdot 0.05$) on 225 €/ha/v. Säätösalaajitukselle maksetaan hoitotyöstä ympäristökorvaus, jonka määrä on 70 €/ha/v. Oletetaan että tuen määrä kuvaa maatalouden kohtaamia kustannuksia. Näin ollen toimenpiteen vuosikustannuksiksi muodostuu 295€/ha/v ja **kustannusvaikuttavuudeksi 11,3 €/t CO₂-ekv./ha. On huomioita, että kustannusvaikuttavuus sisältää vahvan oletuksen toimenpiteen nollatuloksesta ilman tukia.**

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Kosteikkoviljelyn pinta-alatavoitteen saavuttamiseksi julkisen sektorin tulisi edistää markkinoiden kehittymistä kosteikkoviljelyn kasveille. Lisäksi toimenpide on uusi viljelijöille ja sisältää paljon riskejä liittyen muun muassa kasvatukseen, korjuuseen ja varastointiin. Riskien ja kokemusten puutteen vuoksi toimenpiteen käyttöönotto tulee todennäköisesti olemaan verkkaista.

4.16 Lisätään kerääjäkasvien käyttöä

Kerääjäkasveja voidaan käyttää viljelykasvin aluskasvina tai sadonkorjuun jälkeen. Ne ovat tehokas keino kierrättää ravinteita pellossa ja vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöön. Suosittuja kerääjäkasveja ovat mm. italianraihena ja valkoapila. (Känkänen ym. 2020; Alestalo, 2016.) HIISI-hankkeen raportin WAM-skenaariossa kerääjäkasveja käytetään 2030-luvulla vuosittain 620 000 hehtaarilla (Lehtonen ym. 2021). Kerääjä- ja aluskasveja viljeltiin vuonna 2018 Suomessa 123 200 hehtaarin alalla (Känkänen ym. 2020).

Ilmastovaikutukset

Poeplaun & Donnin (2015) artikkelin mukaan kerääjäkasvi kerryttää maaperän hiiltä ensimmäisinä vuosikymmeninä keskimäärin 0,32 tonnia hehtaarille vuodessa, mikä tarkoittaa 1,17 t CO₂ vuodessa. Kerääjäkasvien vaikutus on maaperän hiilivarastoa lisäävä, mutta tämä varasto myös hajoaa ajan myötä. Kerääjäkasvien pitkäaikaisella käytöllä vuotuisen varaston lisäys vähenee vuosi vuodelta ja jossain pisteessä saavutetaan saturaatiopiste ja hiilivarasto ei enää kasva. Usein käytetty aikajänne on 20 vuotta, missä ajatellaan, että maaperän hiili saavuttaa uuden tasapainon. Kahdenkymmenen vuoden jälkeen lisäkertymää ei enää tapahdu. **Mikäli toimenpiteen toteutusala on 620 000 ha vuonna 2035 niin vuotuinen päästövähennys olisi 725 000 t CO₂ ekv./v.** 20 vuoden jälkeen toimenpiteen jatkaminen vain ylläpitäisi varastoa.

Kustannusvaikutavuus

Hyvösen ym. (2020) laskelmien mukaan kerääjäkasvien viljelystä maanomistajalle aiheutuu nettokustannuksia ja **tulonmenetyksiä yhteensä 96 €/ha/v.** Känkänen ym. (2020) esittelevät esimerkkitapauksen, jossa kerääjäkasvin käytöstä viiden vuoden aikana kertyi viljailijoille hyötyä 628 € viidessä vuodessa eli 126 €/ha/vuosi, josta kerääjäkasvin ympäristökorvaus kattoi 100€/ha/v. Kerääjäkasvin käytöstä saatava **vuotuinen hyöty ilman tukia oli siis 26€/ha/v ja se olisi tällöin kustannusvaikuttava ilmastotoimenpide.** Mikäli käytetään kustannuksena 96€ /ha vuonna 2035 toimenpiteen kustannusvaikutavuus on **82 €/t CO₂ ekv.**

Hyväksyttävyyden ja ohjauskeinot

Viljelijöiden kokemukset kerääjäkasvien viljelystä Alestalon (2016) tutkimuksen mukaan olivat myönteisiä. Suurin osa kokeili kerääjäkasvia ensimmäisen kerran ja he aikovat jatkaa kerääjäkasvien viljelyä. Ympäristökorvaus on tarpeen

kerääjäkasvien kannattavaan viljelyyn, ja nykyistä tasoa on syytä nostaa kerääjäkasvien viljelyn kustannuksia vastaavaksi. Toimenpiteen tuissa täytyy huomioida, että kerääjäkasvien vaikutukset samalla peltolohkolla putoavat nol- laan 20 vuoden jälkeen.

4.17 Lisätään maanparannus- ja saneerauskasveja

Saneerauskasvien ensisijainen tavoite on torjua ankeroisia peruna- ja sokerijuurikaspelloilta (Hyvönen ym. 2020). Saneerauskasvien teho ankeroisia vastaan perustuu siihen, että ankeroiset eivät pysty lisääntymään saneerauskasveissa. Ympäristökorvausta saneerauskasvien viljelystä on maksettu alalle, jolla on ollut perunaa, sokerijuurikasta tai avomaan puutarhakasveja jonakin kolmena tukihakua edeltävänä vuonna (Maanavilja ym. 2021). Maanparannus ja saneerauskasvien viljely ilmastotoimena vähentää yksivuotisten kasvien viljelyalaa ja siten pienentää niiden tarjontaa parantaen kuitenkin samalla maan rakennetta ja sadontuottokykyä.

Vuonna 2019 maanparannuskasvien pinta-ala oli HIISI- WAM -skenaariossa 3 098 hehtaaria (Maanavilja ym. 2021). HIISI-hankkeen raportin WAM- skenaariossa kerääjäkasveja käytetään 100 000 hehtaarilla vuodessa alkaen vuodesta 2023. Tämä määrä pienentää yksivuotisten ruuan- tai rehuntuotantokasvien pinta-alaa noin 10 % (100 000 ha/ 1 000 000ha), joten toimenpiteellä on merkittävää vaikutusta viljamarkkinoihin. Maanparannus- ja saneerauskasvien **biomassaa lisäävä vaikutus arvioitiin kolminkertaiseksi kerääjäkasveihin nähden** (Maanavilja ym. 2021).

Ilmastovaikutukset

Saneerauskasvien ilmastovaikutukset verrattuna yksivuotisiin viljelykasveihin tulevat lisääntyneen maaperän hiilisyötteen myötä (Hyvönen 2020). Saneerauskasvien ilmastovaikutuksia voidaan verrata kesannon tuottaman hiilisyötteen kaltaiseksi. Hyvönen ym. (2020) arvioivat saneerauskasvit maaperän kasvukunnon suhteen kustannusvaikuttavuudeltaan heikoimpien toimenpiteiden joukkoon. **Mikäli toimenpiteen toteutusalan lisäys on 97 000 ha vuonna 2035 niin vuotuinen hiilinielun lisäys olisi 340 000 t CO₂-ekv./v**, kun oletetaan kolminkertainen (3 * 1,17 t CO₂-ekv./ha/v) hiilinieluvaikutus kerääjäkasveihin verrattuna. Kerääjä kasvien osalta maaperän saturaatiopiste saavutetaan 20 vuoden kuluttua toimenpiteen aloittamisesta. Mikäli näin on myös maanparannus- ja saneerauskasvienkin kohdalla niin 20 vuoden jälkeen toimenpide vain ylläpitää varastoa.

Kustannusvaikuttavuus

Maanparannus- ja saneerauskasvit eivät tuota myytävää satoa, joten niistä ei saada tuloa. Kuitenkin maanparannus- ja saneerauskasvien viljelyllä on positiivisia vaikutuksia pellon seuraavien vuosien satoihin. Hyvönen ym. (2020) arvioivat saneerauskasvien käytöstä maanomistajille aiheutuvien nettokustannusten ja tulonmenetysten yhteissummaksi 248 €/ha. Saneerauskasveille on maksettu tukea 300 €/ha/v (Hyvönen ym. 2020).

Oletetaan että hiilivaraston lisäys on kolminkertainen kerääjäkasveihin verrattuna ja kustannukset ovat 248 €/ha. Kustannusvaikuttavuudeksi tulee **70,7 €/t CO₂-ekv.** ($248 / (3 \cdot 1,17 \text{ t/CO}_2\text{ekv. /ha/v})$).

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Maanparannus- ja saneerauskasvien tuen laajentaminen ilmastotoimeksi on merkittävä muutos. Näin ollen toimenpiteen toteutumiseen ja sen toteuttamistapaan liittyy paljon epävarmuutta. Toimenpiteellä on ollut maanomistajan kannalta selkeä tavoite liittyen maatalouden tuotannon ylläpitoon tietyillä viljelykasveilla. Toimenpiteen tavoitealan laajentuessa pinta-alaltaan maanviljelijöiden kohtaamat hyödyt toimenpiteestä ovat pienempiä ja epävarmempia. Lisäksi toimenpiteen toteutusala suhteessa yksivuotisten ruuan- tai rehuntuotantokasvien tuotantoalaan on niin merkittävä, että sillä on vaikutuksia ruokamarkkinoihin.

4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla

Nurmien lisäämistä turvepelloilla on arvioitu CAP27-suunnitelmaluonnoksessa (Maa- ja metsätalousministeriö, Suomen CAP-suunnitelma 2023-2027) ehdotetun turvepeltojen nurmet -toimenpiteen kautta. **Toimenpiteellä tavoitellaan ennen kaikkea kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä.**

Turvepeltojen nurmet -toimenpiteessä turvemaalle perustetaan monivuotinen, kasvinsuojeluaineilla käsittelemätön nurmi, joka niitetään ja kasvusto korjataan pois lohkolta vuosittain ravinteiden huuhtoutumisen vähentämiseksi. Nurmen lannoittaminen on sallittua. Nurmet on säilytettävä ympäristökorvausjärjestelmän mukaisesti sitoumuskauden loppuun saakka (hakea voi vain sitoumuskauden ensimmäisenä ja/tai toisena vuonna), uusiminen on sallittua vain ilman muokkausta. HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa arvioitiin turvepeltojen nurmien toteutuslaksi vuodesta 2023 lähtien **20 000 ha/v** (Maanvilja ym., 2021). Pieni vuotuinen ala johtuu vaatimuksesta, että pellon on pitänyt olla ainakin edeltävä vuosi yksivuotisen kasvin viljelyssä.

Ilmastovaikutukset

Turvepeltojen nurmet -toimenpiteen päästövähennysvaikutus perustuu yksivuotisen kasvin ja monivuotisen nurmen päästökertoimien vertailuun: **35,1 – 25,3 = 9,8 t CO₂-ekv./ha/vuosi**. Mikäli toimenpiteen toteutusala vuonna **2035 on 20 000 ha**, niin vuotuinen päästövähennys vuonna **2035 olisi 196 000 t CO₂ ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Kustannusvaikuttavuutta arvioitaessa laskelmassa oletetaan, että turvepeltojen nurmet -toimenpidettä toteuttavat sellaiset maatilat, joilla jo ennestään on nurmiviljelyä. Tällöin investointikustannuksia koneisiin ja kalustoihin tämän toimenpiteen vuoksi ei oleteta tapahtuvan (kts. myös Hyvönen ym. 2020, 22).

Turvepeltojen nurmet -toimenpiteen tukiehtojen noudattaminen todennäköisesti pienentää tavanomaisesti saatavaa nurmisadon määrää, josta aiheutuu viljelijälle tulonmenetyksiä. Katetuotto on siten pienempi kuin tavanomaisen säilörehun katetuotto ja todennäköisesti yleisesti pienempi kuin yksivuotisen viljakasvin katetuotto. Kustannusvaikutusten arvioinnissa on käytetty apuna kauran ja säilörehunurmen katetuottolaskelmia (MML/Arviointi- ja korvaustiedot 2021). Tutkittua tietoa toimenpiteen vaikutuksesta sadonmäärään ei juurikaan kuitenkaan ole. Toimenpiteen kustannuksena on siksi huomioitu ainoastaan meneillään olevan ohjelmakauden nurmelle maksettava viherryttämistuki julkisen kustannuksen lisäyksenä. Viherryttämistuki huomioidaan laskelmassa C-alueen mukaisesti 106 €/ha (Vna 2015/234). Toimenpiteen **kustannusvaikuttavuus on tällöin keskimäärin 10,8 €/t CO₂-ekv.**

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Toimenpiteen kannattavuutta ja kiinnostavuutta parantaa se, että turvepellon nurmen saa lannoittaa toisin kuin suojavyöhykenurmen. Nurmea voidaan siis käyttää tuotantonurmen tapaan. Hyväksyttävyyttä heikentää kuitenkin vaatimus nurmen säilyttämisestä sitoumuskauden ajan, mikä tarkoittaa tavanomaista pidempää nurmen kiertoaikaa pienentäen satotasoa. Hehtaariohtainen vuosittainen hoitopalkkio, joka on esitetty CAP27 -suunnitelmaluonnoksessa (Maa- ja metsätalousministeriö, Suomen CAP-suunnitelma 2023-2027) on tarpeellinen toimenpiteen tavoitepinta-alan toteutumiseksi. Toimenpiteelle on varattu ympäristökorvausjärjestelmän mukaista rahoitusta 100 €/ha.

4.19 Lisätään viherlannoitusnurmien viljelyä

Viherlannoitusnurmet ovat CAP27-suunnitelman ekojärjestelmään ehdotettu toimenpide, joka lisää hiilisyötettä peltoon ja vähentää keinolannoitetyn käytön kivennäismailla, koska viherlannoitusnurmen siemenseoksessa on oltava typensitojakasveja. Viherlannoitusnurmea ei viljellä aktiivisesti sadontuottotarkoituksessa, vaan toimenpide parantaa maan kasvukuntoa.

HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa yksivuotisia viljelykasveja korvaavaa viherlannoitusnurmea on kivennäismailla vuonna 2023 yhteensä 20 000 hehtaaria ja vuonna 2040 yhteensä 70 000 hehtaaria. **Tasaisella pinta-alanlisäyksellä vuonna 2035 viherlannoitusnurmia olisi n. 55 000 ha.** Tämä määrä pienentää yksivuotisten ruuan- tai rehuntuotantokasvien pinta-alaa noin viisi prosenttia (55 000 ha/ 1 000 000) ha, joten toteutuessaan tässä laajuudessa, toimenpiteellä on vaikutusta viljamarkkinoihin. Maan kasvukunnon paraneminen voi kuitenkin johtaa satotason nousuun, mutta satotason nousu ei ole selkeästi todistettavissa (Kleemola 2013).

Ilmastovaikutukset

Viherlannoitusnurmen tavoitteena on pellon kasvukunnon parantaminen ja hiilen sidonnan lisääminen (Maanavilja ym. 2021). Regina & Heikkinen (2017) arvioivat, että kasvihuonekaasuinventaarion menetelmin ei saada osoitettua nurmen ilmastohyötyjä yksivuotisiin kasveihin verrattuna kivennäismailla. Myös Lehtosen ym. (2020) mukaan hiilen kertyminen kivennäismaihin, joilla hiilipitoisuus on jo korkea, on epävarmaa. Viherlannoitusnurmen toimenpiteen päästövähennemä arvioitiin ILMAVA-hankkeen mallinnustuloksilla (Lehtonen ym. 2021) siten, että käytettiin vuoden 2050 lukuja jolloin saatiin päästövähennemäksi 1,1 t CO₂ ekv./ha/v. Kasvihuonekaasuvaikutusaika on oletettu olevan koko laskentajakso, vuoteen 2050 saakka. Mikäli toimenpiteen lisätoteutusala on 55 000 ha vuonna **2035 niin vuotuinen päästövähennemä olisi 61 000 t CO₂ ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Viherlannoitusnurmesta ei muodostu viljelijälle suoria tuloja. Maanomistajalle toimenpiteen toteuttamisesta aiheutuvia kiinteitä kustannuksia ei ole otettu laskelmassa huomioon (kts. Hyvönen ym. 2020, 22). Viherlannoitusnurmen nettokustannukset ja tulonmenetykset ovat Hyvösen ym. (2020) raportissa 105 €/ha.

Viherlannoitusnurmen kustannusvaikuttavuus on **95 €/t CO₂-ekv.** (105€/ha / 1,1 t CO₂ ekv./ha/v)

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Viherlannoitusnurmille on CAP27-suunnitelmassa ehdotettu viherlannoitusnurmien tukea ja lisäksi viherlannoitusnurmelle voi hakea ekojärjestelmän mukaista kasvipeitteisyyden tukea (Maanaviilja ym., 2021). Viherlannoitusalan lisääntyminen kivennäismailla **edellyttäisi ympäristökorvauksen korvaustason korotusta**. Tuen määrä voisi olla lähellä tässä laskelmassa esitettyä yksityisen maanomistajan kustannustasoa, 105 €/ha. Toimenpiteen toteutus ala on niin suuri, että sillä on vaikutuksia ruokamarkkinoihin ja huoltovarmuuteen.

4.20 Lisätään biokaasunurmien viljelyä

Biokaasunurmia tarkastellaan kivennäismaiden toimenpiteenä eli biokaasunurmen perustaminen ja kasvatusta tapahtuisi kivennäismailla. HIISI-hankkeen WAM-skenaariossa biokaasulaitoksiin ohjautuvan nurmen tuotantoalat sijoittuvat pääasiassa Etelä-Suomen savi- ja kivennäismailla, **joiden läheisyydessä nurmelle ei ole rehukäyttöä**. Biokaasunurmilla **korvataan yksivuotisia viljelykasveja**. Biokaasunurmi on enimmäkseen apilanurmea tai muuta palkokasvia sisältävää nurmiseosta, jolloin tehostuva ravinnekierto vähentää epäorgaanisen typpilannoituksen tarvetta (Maanaviilja ym. 2021).

Biokaasunurmia on HIISI:n WAM-skenaariossa 4 138 hehtaaria vuonna 2023, vuonna 2030 yhteensä 33 103 hehtaaria ja vuonna 2040 yhteensä 74 483 hehtaaria. **Tasaisella pinta-alan lisäyksellä vuonna 2035 biokaasunurmia olisi n. 50 000 ha**. Toimenpiteen pinta-ala vastaa noin viiden prosentin vähenemää yksivuotisten kasvien viljelyssä vuonna 2035. Toimenpide koskee kivennäismaita ja on laajuudeltaan merkittävä, jolloin sillä saattaa olla vaikutusta viljamarkkinoihin.

Ilmastovaikutukset

Regina ja Heikkinen (2017) arvioivat, että kasvihuonekaasuinventaarion menetelmän ei saada osoitettua nurmen ilmastohyötyjä yksivuotisiin kasveihin verrattuna kivennäismailla. Tosin inventaarion menetelmät olivat tarkentumassa (Regina & Heikkinen 2017). Hiilen kertyminen kivennäismaihin, joilla hiilipitoisuus on jo ennestään korkea, on epävarmaa (Lehtonen ym. 2021). Biokaasunurmen

positiivinen vaikutus tulee ennen kaikkea siinä, että kesantoalan kasvu pysähtyy WAM-skenaarion mukaan noin 300 000 hehtaarin tasolle.

ILMAVA-hankkeessa oletettiin että nurmen biokaasutuksella ei ole vaikutusta maaperän hiilitaseeseen verrattuna viherkesantonurmiin, joilta satoa ei korjata (Lehtonen ym. 2021). Tässä käytämme samaa oletusta ja siten maaperän **biokaasunurmen hiilinieluvaikutus on 1,1 t CO₂ ekv./ha/v. Tässä tarkastelussa huomioidaan vain maaperän ilmastovaikutukset.** Biokaasun energiakäytön substituutiovaikutukset kuuluvat energiasektorille ja samalla biokaasutuslaitosten ilmastohyödyksi. Näin vältetään myös hyötyjen kaksoislaskenta. Mikäli toimenpiteen toteutusala vuonna **2035 on 50 000 ha, niin vuotuinen päästövähennys vuonna 2035 olisi 55 000 t CO₂ ekv./v.**

Kustannusvaikuttavuus

Biokaasunurmelle ei ole vielä vakiintuneita markkinoita, joten tuloja ei ole otettu arvioinnissa huomioon. Oletetaan kuitenkin että biokaasulaitokset hoitavat nurmen korjuun ja kuljetuksen yms. biokaasuntuotantoon liittyvät kustannukset. Kustannuksina maanomistajalle laskelmassa on käytetty Hyvösen ym. (2020) esittämiä viherlannoitusnurmen nettokustannuksia ja tuonmenetyksiä, jotka ovat 105 €/ha.

Biokaasunurmen kustannusvaikuttavuus on yhtä suuri kuin viherlannoitusnurmilla, eli **95 €/t CO₂-ekv.** (105€/ha / 1,1 t CO₂ ekv./ha/v).

Hyväksyttävyyden ja ohjauskeinot

Biokaasunurmen viljelyn lisäämiseksi tarvitaan investointiavustuksia biokaasulaitosten rakentamiseen ja vahvoja biokaasumarkkinoiden edistämistoimia. Toimenpiteen pinta-ala vastaa noin viiden prosentin vähennystä yksivuotisten kasvien viljelyssä vuonna 2035 ja siten vähentää ruuantuotannossa olevaa pinta-alaa.

Kannusteita ja edellytyksiä biokaasunurmen keräämiseen tulisi harkita luonnonhoitopeltojen, suojavyöhykkeiden ja viherkesantojen nurmikasvustojen osalta (ks. Lötjönen & Niemeläinen 2014). Hoidettu viljelemätön pelto - hankkeen tulosten mukaan silloisesta olemassa olleesta (n. 112 000 ha) viherkasvustosta voitaisiin saada huomattava energiasato (1,4 TWh), jos sato korjattaisiin suurimmilta viherkesanto- ja luonnonhoitopeltonurmilohkoilta (lohkokoko suurempi kuin 1,45 ha) sekä koko suojavyöhykealalta. Tällöin voitaisiin Etelä-Suomen kivennäismaapeltolohkot pitää aktiivisessa ruuantuotannossa.

5 HYPERHIILI-toimenpiteet

5.1 Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsissä

Säästöpuut säästetään pysyvästi ja niiden annetaan kuolla ja lahota metsään. Toimenpiteen laajuutta ja intensiteettiä ei ole määritelty HYPERHIILI-skenaariorissa.

Hämäläinen ym. (2020) arvioivat PEFC-metsäsertifiointin vaikutusten arvioinnissa säästöpuiden lisäämisen kustannuksia. Lisättäessä säästöpuiden määrää 5 kpl/ha, hakkuukertymä pieneni 1,32 m³/ha ja puunmyyntitulot vähenevät arviolta 47,24 €/ha. Säästöpuun hinnaksi muodostuu siten 35,8 €/m³. Säästöpuiden on tarkoitus jäädä metsään, joten metsänomistaja ei saa puista tuloa. Säästöpuun hintaan ja puunmyyntitulojen alenemaan vaikuttaa puun hinta. Lahopuulle ei makseta tällä hetkellä Kemera-tukea.

Ilmastovaikutukset

Elävät säästöpuut ja myös lahopuu toimivat hiilivarastona. Nämä varastot ovat kuitenkin väliaikaisia ja niiden arvo riippuu varastointiajasta. Hajoamisesta johdun lahoavan puun hiilivaraston arvo on kuitenkin aina pienempi kuin vastaavan suuruisen päästövähennyksen.

Potentiaalisia hakkuita säästöpuiden jättämiselle on noin 500 000 ha/v olettaen, että hakkuut säilyvät vuoden 2019 tasolla, ja ensiharvennuksissa eikä ylispuiden poistossa jätetä säästöpuita. Epävarmuutta vaikutuksiin aiheuttaa pinta-ala, jolla toimenpide toteutetaan sekä käytetyn muuntokertoimen epävarmuus sekä epäsuorat markkinavaikutukset hiilivuotoriskeineen.

Kustannusvaikuttavuus

Toimenpiteessä jätetään hakkuiden yhteydessä säästöpuita metsään. Nämä puut olisivat ilman toimenpidettä hakattua ja myyty. Toimenpiteen johdosta metsänomistajan hakkuutulot pienenevät sekä puun saanti alalta pienenee. Toimenpiteen suunnitelmallisella toteutuksella voidaan vähentää taloudellisia tappioita valitsemalla säästöpuiksi vähempiarvoisia puita.

Tässä oletetaan hyvin karkeasti, että säästöpuut hajoavat metsässä kuin kannot hakkuiden jälkeen, eli 40–50 prosenttia hiilivarastosta on jäljellä 50 vuoden

kuluttua. Mikäli säästöpuut maksavat 35,8 €/m³ ja niiden hiilisisältö on 0,2 t C/m³ (0,733 t CO₂ ekv/m³), niin pitkäkestoisen hiilivaraston **kustannusvai-
kuttavuus olisi 98–123 €/ t CO₂-ekv** perustuen maanomistajalle tulevaan las-
kennalliseen tulonmenetykseen.

Mikäli toimenpiteen toteutusala oletetaan olevan vuonna 2035 on 500 000 ha ja hakkuukertymän vähenemä 1,32 m³/ha, yllä olevilla hiilivarasto oletuksilla saavutettaisiin pitkäaikaista hiilinielua vuonna 2035 **193 000-242 000 t CO₂-
ekv./v.**

Hyväksyttävyyys ja ohjaukset

Lahopuun määrään voidaan vaikuttaa mm. jättämällä säästöpuita hakkuiden yhteydessä tai jättämällä korjaamatta metsätuhopuita. Metsään jäänyt kuollut runkopuu sitoo hiiltä ja hajoaa hitaasti. Lahopuun määrän lisääminen metsissä edistää myös luonnon monimuotoisuutta.

Metsätuhojen yhteydessä jätettyjen havupuiden osalta täytyy kuitenkin huomioida rajoitukset liittyen tuhohyönteisten leviämiseen. Erityisesti kuusen tuholaista kirjanpainajaa hyödyttää vahingoittunut puu tai juuri kuollut, mutta vielä tuore puu. Männyn tuholainen ytimennävertäjä hyötyy samanlaisesta tilanteesta. Nykyisin pyritään tunnistamaan tilanteet, joissa tuhoriski on suurimmillaan ja poistamaan kuollut puu vain tällaisilta alueilta. (Saaristo & Pasanen, 2018). Tuhopuiden alttiutta tuhohyönteisille voidaan vähentää kuorimalla havupuut, mutta tästä aiheutuu kustannuksia.

Horne ym. (2020) tutkivat metsiin liittyvien toimenpiteiden hyväksyttävyyttä yksityismetsänomistajien näkökulmasta. Metsänomistajista neljäsosa hyväksyisi täysin lahopuun lisäämisen metsissä ja 13 prosenttia ei hyväksyisi toimenpidettä lainkaan. Hyväksymistä lisäsi metsänomistajan nuori ikä, naissukupuoli, ammattiasema palkansaajana tai yrittäjänä, kaupunkimaisessa ympäristössä asuminen sekä metsän virkistyskäyttöä korostavat metsänomistuksen tavoitteet.

5.2 Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa

Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus on ilman uudistamishakkuuta tapahtuvaa metsänhoitoa, joka tuli mahdolliseksi metsälain uudistuksen (2014) jälkeen

kaikilla kohteilla. Jatkovapeitteisesta metsänkasvatuksesta kertyy uutta tutkimustietoa jatkuvasti.

Ilmastovaikutukset

Jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen ilmastovaikutuksiin liittyy suurta epävarmuutta, sillä vertailuja jatkovapeitteisen ja tasaikäisrakenteisen metsänkasvatuksen hiilitasevaikutuksista on vielä vähän. Joidenkin arvioiden mukaan jatkovapeitteinen metsänkasvatus voi kasvattaa metsän hiilitasetta tasaikäiskasvatukseen verrattuna (esim. Pukkala 2014, 2016) joidenkin tutkimusten mukaan kasvatustavalla ei ole merkitystä (Lundmark ym. 2016)). Toisaalta esimerkiksi kuusen kasvun on mallinnettu olevan hitaampaa kuin tasaikäiskasvatuksessa (Bianchi ym. 2021). Tämä tarkoittaisi, että saavutettu hiilihyöty siten häviäisi. Turvemailla on arvioitu, että ainakin lyhyellä aikajänteellä jatkovapeitteinen poimintahakkuisiin perustuva metsänkasvatus olisi parempi vaihtoehto kuin avohakkuisiin perustuva tasaikäiskasvatus (esim. Nieminen ym. 2018). Turvemailla maaperän hiilivaraston muutokset (turpeen hajoaminen) ovat merkittävin tekijä ilmastovaikutusten kannalta, kangasmaalla taas metsien hiilitaseen vaikuttaa pääosin puustoon määrän muutokset. (Sarkkola ym. 2020).

Kustannusvaikuttavuus

Puuntuotos on arvioiden mukaan jatkovapeitteisessä metsänkasvatuksessa alhaisempaa kuin tasaikäisrakenteisessa metsänkasvatuksessa, mutta toisaalta metsänhoidon kustannukset ovat matalammat, mikäli voidaan välttää metsänviljely ja taimikonhoitokulut (esim. Nieminen ym. 2018). Matalampien kustannuksien johdosta jatkovapeitteinen kasvatus voi olla taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto metsänomistajalle kuin uudistamishakkuuseen perustuva tasaikäiskasvatus (esim. Juutinen ym. 2021; Pukkala ym. 2012; Nieminen ym. 2018). Jatkovapeitteisen kasvatuksen kannattavuuteen vaikuttaa kuitenkin vahvasti metsän luontaisen uudistumisen onnistuminen, jonka onnistumiseen ja siten puuston kehitykseen liittyy epävarmuutta ja tietotarpeita (Peura ym. 2018; Davies & Kerr, 2015, Mason ym. 2021, Fagerberg ym. 2022).

Kuten luvun 4.3 toimenpiteen kohdalla todettiin, kustannustehokkainta olisi arviolta kohdentaa talousmetsien luonnonhoitotoimien ja jatkovapeitteisen kasvatuksen lisääminen maan pohjoisosiin ja turvemaille (Kärkkäinen ym. 2019), joissa metsänkasvu on muuta maata hitaampaa ja jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen kannattavuus selvästi parempi tasaikäiskasvatukseen verrattuna.

Hyväksyttävyyys ja ohjaukset

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen kokeellinen tietopohja on vielä tällä hetkellä huomattavan niukka, useat tähänastiset tutkimukset on tehty simulointimalleilla. Parempi tietopohja voisi vaikuttaa myös yksityismetsänomistajien kiinnostukseen siirtyä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen. Osana Metsänomistaja 2020 -tutkimusta Horne ym. (2020) selvittivät yksityismetsänomistajien suhtautumista metsien hoitoon ja kasvatukseen. Jatkuvapeitteistä kasvatusta käyttää kaikissa metsissään 14 prosenttia metsänomistajista. Osassa metsiään jatkuvapeitteistä kasvatusta käyttää jopa 43 prosenttia metsänomistajista. Pienien metsätilojen omistajat harjoittivat suhteessa enemmän jatkuvapeitteistä kasvatusta kuin suurempien tilojen omistajat. Jopa yli 60 prosenttia metsänomistajista olisi valmiita siirtymään jatkuvapeitteiseen kasvatukseen, jos siitä maksettaisiin korvaus (Koskela ym., 2021).

5.3 Parannetaan metsätuhoriskien arviointia ja hallintaa

Ilmastonmuutos lisää useita metsätuhoriskejä. Tuhoriskien arviointiin ja ehkäisyyn on kehitetty viime vuosina uusia työkaluja. Lyytikäinen-Saarenmaan ym. (2015) mukaan ”optiset spatiaalisen korkean- ja keskiresoluution satelliittiaineistot, ilmakuvat, spektrometri- ja laserkeilausaineistot tarjoavat mahdollisuuden modernin seurantajärjestelmän kehittämiseen, joka palvelee metsätalouden suunnittelua ja riskinarviointia.”. Hyönteistuhojen kaukokartoitus on todettu huomattavasti vaikeammaksi kuin esimerkiksi tuuli- ja lumituhojen kartoitus, mutta menetelmiä kuitenkin kehitetään jatkuvasti.

Ilmastovaikutukset

Metsätuhot hidastavat puuston kasvua ja siten hiilen sitoutumista puuhun, josta aiheutuu negatiivisia ilmastovaikutuksia. Ilmastovaikutukset riippuvat metsätuhojen laajuudesta ja siitä, kuinka hyvin tuhoriskejä voidaan hallita.

Kustannusvaikutukset

Ei ole pystytty arvioimaan ilman tarkempaa kuvausta toimenpiteestä.

Hyväksyttävyyys ja ohjaukset

Metsätalous tarvitsee ilmastonmuutokseen sopeutumisen tueksi tehokkaita tietoa-aineistoja ja ilmastopalveluita. Venäläinen ym. (2021) kokosivat tutkimus-

saan ilmastonmuutoksen keskeisiä metsiin ja metsätalouteen kohdistuvia vaikutuksia sekä sää- ja ilmastoaineistoja ja tuotteita, jotka auttavat sopeutumistoimia:

Hirvieläintuhot: VMI:n mukaan hirvieläintuhot ovat merkittävin taimikkovaiheen metsätuho. Ilmastonmuutos vaikuttaa ravintoketjun eri tasojen vuorovaikutukseen, ja siten vaikeuttaa hirvieläinkannan kehityksen ja siten metsätuhojen määrän ennustamista. Matalan (2020) mukaan ilmaston muuttuessa keskeistä on hirvieläinkantojen pitäminen tasolla, jolla metsätuhot jäisivät siedettäviksi. Hirvieläinkantojen yhteisvaikutus voi vaikeuttaa monilajisen puulajirakenteen säilymistä ja kehittymistä, mikä olisi hyödyllistä metsien ilmastonmuutokseen sopeutumiskyvyn ja ilmastonmuutokseen liittyvien muiden riskien hallinnan kannalta.

Lumituhot: Lumikuorma-analyysi ja -ennuste on saatavilla Ilmatieteen laitokselta kaupallisena palveluna. Säätyö-hankkeessa lumituhoriskin arviointimallia kehitettiin edelleen siten, että kertyneen lumikuorman lisäksi selittäjäksi otettiin myös puuston ominaisuudet sekä maaston korkeusvaihtelut. Vertailun mukaan toteutuneet lumituhot pystyttiin selittämään testatulla mallilla hyvin.

Tuulituhot: Metsien hakkuiden suunnittelulla voitaisiin ennaltaehkäistä tuulituhoja siten, että puiden tuulituhoriski jäisi mahdollisimman pieneksi. Säätyö-hankkeessa kehitetyllä tuulituhoriskityökalun testiversiolla voidaan laskea puuston tuulituhoon (puiden kaatuminen) tarvittavia tuulennopeuksia metsäalueilla. Säätyö-hankkeessa testattiin myös mahdollisuutta paikantaa pahimmat tuulituoalueet välittömästi myrskyn jälkeen. Menetelmä antaa tilannekuvan siitä, mille alueille myrskytuhoja on tullut. Kartta-analyysin pohjalta jatkotoimenpiteet voidaan kohdistaa ja mitoittaa mahdollisimman tehokkaasti.

Metsäpalot: Metsäpalojen riski lisääntyy ilmaston ääri-ilmiöiden myötä. Ruuskan (2020) opinnäytetyön Suomi-Ruotsi vertailussa todettiin Suomen eduksi sopimuspalokunnat, parempi metsäautotieverkosto, metsänhoitotöiden teko, ja tehokkaampi sammutuskulttuuri. Kehitettävänä nähtiin suorituskapasiteetin parempi hallinta automaattisten tai puoliautomaattisten tilannekuvajärjestelmien avulla.

5.4 Pidentetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmastovaikutus 2) kohteilla joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus))

Kiertoajan pidentämisellä voidaan lisätä boreaalisten metsien hiilinieluja ja siten se on yksi keino ilmastonmuutoksen hillinnässä. Tietopohja on vielä niukka, mutta kiertoajan pidentämisestä saadaan enemmän tutkimustietoa lähivuosina, kun muun muassa Luonnonvarakeskukselta valmistuu sitä koskevia hankkeita (Anssi Ahtikosken (Luke) suullinen tiedonanto 11/2021). Toimenpiteen vaikutusten arviointiin on käytetty lehtomaisen kankaan kuusikoille (OMT) tehtyjä laskelmia, kun kiertoaikaa pidennettiin kymmenellä vuodella (Nerg, 2009). Lehtomaisella kankaalla on oletetusti suuremmat monimuotoisuusvaikutukset kuin tuoreella tai kuivahkolla kankaalla.

Toimenpiteen laajuutta ei ole määritelty ILMAVAssa tai HIISI:n WAM-skenaariossa. Tämän vuoksi laskelmassa on käytetty VMI-perusteisia lukuja. **Arviossa on oletettu, että lehtomaisia kankaita ikäluokaltaan 61-80 vuotta olisi 0,37 milj. ha.** Tämä on maksimi pinta-ala ja todellinen pinta-ala on todennäköisesti tätä pienempi. Tämän takia on arvioitu hyvin karkeasti, että toimenpiteen laajuus maksimi pinta-alasta olisi 1/3 eli **0,12 milj. ha.** Toimenpiteen määrittelemätön ala johtaa suureen epävarmuuteen vaikutusten arvioinnissa.

Ilmastovaikutukset

Kun kiertoaikaa pidennetään 10 vuodella perusuran kiertoajasta OMT kuusikon tapauksessa, jaksottaisen hiilensidonnan lisäyksen perusteella saadaan vuosittainen hiilensidonnan lisäys **10,5 t CO₂/ha/v.** Arviossa on huomioitu koko puuston biomassan hiilensidonta, mutta maaperän nielut on jätetty laskennan ulkopuolelle ja tämä aiheuttaa epävarmuuksia arvioihin. Perusurana on käytetty kiertoaikaa, joka maksimoi metsänomistajan diskontattujen nettotulojen nykyarvoa ikuisuuteen ulottuvalla aikahorisontilla. (ks. tarkemmin Nerg (2009), s.43 ja s.52-55). Kiertoajan pidennys lisää puustoon sitoutuneen hiilen määrää, mutta maaperän hiilivarastot saattavat kuitenkin samalla pienentyä (epävarmaa) pienemmän puuston kasvun ja karikemäärän vuoksi. Vanhemmat puut suuntavat pienemmän osan kasvustaan nopeasti uusiutuviin osiin

(neulaset, oksat, juuret) ja suurempi osa kasvusta suuntautuu runkopuuhun. Harvemmin toistuvat hakkuut jättävät maahan vähemmän hakkuujätettä (Liski, 2000). Mikäli toimenpiteen nieluvaikutus on 10,5 t CO₂-ekv./ha/v. ja käytössä oleva toimenpiteen vaikutus ala on 0.12 milj, niin **kokonaisuudessaan metsien nielut lisääntyvät 1,26 milj t CO₂ vuodessa.**

Kustannusvaikutukset

Metsänomistajalle koituvia kustannuksia on arvioitu hiilensidonnan yksikkökustannusten kautta tilanteessa, jossa toimenpide ei saa julkista tukea. Kustannusarvio siitä, että metsänomistaja muutti optimaalista kiertoaikaa suhteessa saavutettavaan ilmastohyötyihin vaihteli 2,4-5,6 €/t CO₂ välillä. Kustannukset on laskettu jakamalla tarkasteltavan ajanjakson aikaiset kustannukset (puuntuotannon nykyarvon aleneminen) saman ajanjakson hiilivirroilla (pidennetyn kiertoajan ja perusuran hiilensidonnan erotus). On huomioitava, että hiilensidonnan kustannukset diskontattiin tarkastelussa metsiköiden lähtötilanteeseen, josta simulointi aloitettiin, ei siis kiertoajan alkuun. Tarkastelussa käytettiin neljän prosentin korkokantaa. **Kiertoajan pidentäminen metsikön taloudellisesta optimista ei ole tällä hetkellä kannattavaa metsänomistajalle, sillä hiilensidonnasta ei makseta nykyisellään korvausta.** Kiertoajan pidentämisestä aiheutuneet puunmyyntitulojen menetykset jäävät siis kustannuksena metsänomistajan kontrolle, kun hiilituloja ei ole. (Nerg, 2009).

Vertailtaessa hiilensidonnan kustannustehokkuutta kuusikoissa ja männiköissä 10, 20 ja 30 vuoden kiertoajan pidennyksillä sekä kolmen ja neljän prosentin korkokannoilla on havaittu, että hiilensidonta on kustannustehokkainta MT kuusikoissa 10 vuoden kiertoajalla ja neljän prosentin korkokannalla. Tällöin kustannus olisi 2,4 €/t CO₂. Kuusikkojen tapauksessa hiilensidonta oli kustannustehottominta 30 vuotta pidemmällä kiertoajalla ja neljän prosentin korkokannalla OMT kuusikoissa, jolloin kustannus olisi 10,5 €/tCO₂.. Kustannus siis yli nelinkertaistuisi MT kuusikon 10 vuoden kiertoajan pidennyksen tapauksesta. (Nerg, 2009).

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Kiertoajan systemaattinen pidentäminen voi lyhyellä aikavälillä alentaa puun tarjontaa ja siten vaikuttaa sahojen puunsaantiin. Pohjola ym. (2018) tutkimuksessa arvioitiin metsänomistajalle annetun hiilikorvauksen vaikutuksia Suomen metsä-, ja energiasektoreille, ja suurin vaikutus raakapuumarkkinoille

tapahtui lyhyellä aikajaksolla metsänomistajien siirtyessä pitempiin kiertoaikoihin. Tämä vaikutus voi olla merkittävä sahojen liiketoiminnan kannalta. Lisäksi puun tarjonnan väheneminen kiertoaikojen pidentämisen kautta vaikuttaa materiaalisubstituution kautta saataviin päästövähennyksiin. Markkinavaikutukset riippuvat täysin siitä kuinka suurella alalla toimenpidettä toteutetaan, eli miten ohjauskeinot asetetaan ja miten metsänomistajat reagoivat siihen. Mahdolliseen ohjauskeinoon sisältyy vertailukiertoajan määrittäminen. Määrittäminen on kuitenkin vaikeaa, koska metsien hyödyntämiseen liittyy myös muita arvoja kuin puuntuotannolliset.

Husa ja Kosenius (2021) tutkivat suomalaisten yksityismetsänomistajien näkökulmasta eri metsänhoitotoimenpiteiden hyväksyttävyyttä. Yli puolet metsänomistajista ei ollut lainkaan tai juurikaan kiinnostunut pidentämään kiertoaikaa metsissään. Kiertoajan pidentäminen oli myös vähiten metsänomistajia kiinnostava toimenpide verrattuna muihin tutkimuksessa mukana olleisiin toimenpiteisiin. Hiilensidonnasta maksettava korvaus voisi ohjata metsänomistajia kasvattamaan metsiään pidemmällä kiertoajalla. Metsänomistajien preferenssit vaikuttavat heidän käyttämäänsä kiertoaikaan. Kustannustehokkaan ohjauskeinon asettamisen haasteena on saavuttaa todellisia muutoksia erilaisten metsänomistajien käyttämiin kiertoaikoihin. Ohjauskeinon perusteluksi tarvitaan nykyistä enemmän tietoa kiertoajan vaikutuksista hiilensidontaan (ml. maaperän nielut), hiilensidonnan kustannuksiin, kannattavuuteen, metsänomistajien päätöksentekoon ja puuntarjontaan. Lisäksi olisi tarpeen määritellä tarkemmin kohteet ja niiden pinta-ala, joihin toimenpide halutaan kohdentaa.

5.5 Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä

Vuonna 2018 puutuotteiden hiilinielu oli 4,3 Mt CO₂. Tästä pitkäikäisten puutuotteiden eli sahatavaran ja puulevyjen osuus oli 3,4 Mt CO₂ (Lehtonen ym., 2021). Toimenpiteelle ei ole määriteltä pinta-alaa sen luonteen vuoksi.

Ilmastovaikutukset

ILMAVA-raportissa Lehtonen ym. (2021) tarkastelivat kotimaisesta puusta tehtyjen tuotteiden hiilivarastoja tuoteportfolion muutoksen kautta. Tarkastelussa oli kaksi laskelmaa. Ensimmäinen laskelma (vertailutaso) sisälsi vuosien 2000–2009 keskimääräisen tuoteportfolion, jolloin pitkäikäisiä puutuotteita tuotettiin suhteessa hakkuihin enemmän kuin toisessa laskelmassa (ILMAVA nykytaso). ILMAVA nykytasoa sisälsi vuosien 2014–2018 keskimääräisen tuoteportfolion (ks. tarkemmin Lehtonen ym., 2021). Päästövähennyspotentiaali

saatiin nykytason ja vertailutason erotuksena ja se kertoo, kuinka paljon puutuotteiden hiilinielua olisi mahdollista lisätä, jos tuoteportfolio olisi vertailutason (2000-2009 vuosien) kaltainen. Myös Suomen ilmastopaneelin raportissa (Seppälä ym. 2017) arvioitiin, että nykyinen puutuotejakauma ei puun käytön lisäämisestä huolimatta tuottaisi ilmastohyötyjä moneen kymmeneen vuoteen (ks. myös Pukkala 2016; Soimakallio ym. 2016).

Taulukko 1. Puutuotteiden päästövähennyspotentiaali (Lehtonen ym., 2021)

| | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Päästövähennyspotentiaali (Mt CO ₂) | -2,3 | -1,5 | -1,5 | -1,5 | -1,4 | -1,4 | -1,2 |

Puutuotteet voivat myös materiaalikäytössä korvata energiantensiivisempiä materiaaleja, jolloin saavutetaan suhteellisia päästövähennyksiä. Puun käytöllä rakentamisessa on joidenkin arvioiden mukaan suurin potentiaali materiaali-substituutiossa (Valsta ym., 2006). Materiaalisubstituution ilmastovaikutuksia ei huomioida maankäyttösektorilla.

Kustannusvaikutukset

Ei mahdollista määrittää toimenpiteelle nykytiedolla.

Hyväksyttävyyden ja ohjauskeinot

Pitkäikäisiin puutuotteisiin kohdistuvan julkisen ohjauksen mahdollisuudet ovat rajalliset, sillä markkinakysyntä ja megatrendit vaikuttavat metsäteollisuustuotteiden tuotantoon ja siten tuoteportfolioon. Siten toimenpiteen hyväksyttävyyden ei niinkään koske metsänomistajia.

Toisaalta kuluttajien käyttäytymisen ohjaaminen informaatio-ohjauksen kautta on mahdollista. Kun tarjotaan tietoa ilmastoystävällisemmistä vaihtoehdoista, tuupataan kuluttajia valitsemaan ilmaston kannalta parempia vaihtoehtoja. Informaatio-ohjaus voi tapahtua esimerkiksi tuotteille myönnettävien ympäristömerkkien kautta. (Itkonen, 2020). Yhteiskunta voi edistää puurakentamista ja puunkäyttöä julkisen hankintojen, kaavoituksen ja muun alueidenkäytön suunnittelun kautta. Lehtosen ym. (2021) mukaan nopea muutos on kuitenkin epätodennäköinen eikä sitä pystytä kovin paljon edistämään ainakaan nykyisin käytössä olevilla ohjauskeinoilla.

5.6 Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)

Pieniä ja varttuneita taimikoita on yhteensä noin 3 milj. hehtaaria (VMI12). Näistä 78 prosenttia eli 2,34 miljoonaa hehtaaria on kehityskelpoisuudeltaan hyviä tai tyydyttäviä. Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan noin kolmasosa metsänomistajista olisi kiinnostunut taimien istuttamisesta tiheämpään korvausta vastaan (Koskela ym. 2021).

Ilmastovaikutukset

Nykyisiä suosituksia tiheämpänä kasvattaminen koskee nuoria metsiköitä korkeintaan 45 vuoden ikään asti, jonka jälkeen on taloudellisesta näkökulmasta olennaista päätehakata puusto tai lisätä tukkipuun kasvua harvennuksilla. Valstan ym. (2006) mukaan metsien tiheämpi kasvatusasento siten, että **harvennuskäyriä nostettiin 4 m²/ha lisäsi keskimääräistä hiilivarastoa männiköissä 26 t CO₂/ha (15 %) ja kuusikoissa 23 t CO₂/ha (12 %)**. Kertyneet hiilitonnit eivät kuitenkaan vastaa tuotannon kasvua, koska osa puusta on heikkolaatuista tai kuollutta. Hiilivaraston lisääminen kasvattamalla metsiä tiheämpänä voi olla tietyissä tapauksissa win-win tilanne, jolloin sekä hiilensidonta lisääntyy että taloudellisen tuloksen paranee (mm. Valstan ym. 2006). Tällaisissa tilanteissa on kuitenkin huomioitava alhaisemman tiheyden käytön syyt kuten tuhoriskit yms., jotka voivat selittää alhaisemman tiheyden optimaalisuuden. **Toimenpiteen mahdollista toteutus alaa vuodelle 2035 ei voida arvioida**, koska toimenpidettä ei ole määriteltä riittävän tarkasti.

Kustannusvaikutukset

Maanomistaja maksaa suositusten mukaisessa kasvatuksessa noin 440 € varhaisperkauksesta ja taimikonhoidosta (Ahtikoski, suullinen tiedonanto 12.11.2021). Nämä kustannukset voivat jäädä pois tiheämmän kasvatuksen malleissa. Nettonykyarvoisia kustannuksia maanomistajalle on vaikea verrata eri kasvatustapojen välillä, koska mallinuksissa kiertoajat ovat eri pituisia ja paljon riippuu siitä, miten tiheämpänä kasvanutta metsikköä käsiteltäisiin lyhyemmän kiertoajan jälkeen. Lisätietoa tarvittaisiin myös mahdollisuudesta siirtyä väljempään kasvatukseen 45 vuoden jälkeen. Ahtikosken ja Hökän (2019) tutkimuksen mukaan ”metsiä tihentämällä voidaan kuitenkin sitoa vain tietty määrä hiiltä kustannuksitta, sillä metsien tihentäminen tästä edelleen heikentää puustopääoman suhteellista tuottoa liiallisesti.” Myös korkotason nostamisella yli neljän prosentin hyödyt jäivät pienemmäksi. On huomioitava myös se

että tiheämmän kasvatuksen käytöllä on vaikutusta metsien tuhoriskeihin ja näin ollen metsänomistajan tuottovaatimukseen.

Ahtikoski ym. (julkaisussa Valsta ym. 2006) tarkastelivat tiheämpänä kasvattamisen yh-teisvaikutusta hiilensidontaan ja monimuotoisuuteen. Monimuotoisuutta kuvaavina muuttujina olivat sekapuustoisuus ja kuolleen puun määrä. Lehtomaisella kankaalla viiden prosentin korkotasolla hiilensidonnan kustannukseksi tuli noin 2 €/t CO₂. Alemmilla korkotasoilla kustannuksia ei ollut. Hiilensidonnan lisäksi kuolleen puun määrä lähes kaksinkertaistui. Mäntyvaltaisessa kuivahkon kankaan sekametsikössä kustannukset olivat samalla tasolla.

Tiheämpänä kasvattamisesta ei tällä hetkellä makseta tukea. Sen sijaan taimikon varhaisoidolle maksetaan Kemera-tukea 160 €/ha ja tuki nuoren metsän hoitoon on 230 €/ha (Metsäkeskus).

Hyväksyttävyyys ja ohjauskeinot

Koska metsiä on perinteisesti kasvatettu pitkälti Tapion Hyvän metsänhoitosuosituksen (Äijälä ym. 2019) mukaan, voitaisiin luoda yksinkertainen ohjauskeino metsien hiilivarastojen lisäämiseksi esimerkiksi tarjoamalla harvennuskalleja hiilensidontaa painottaville metsänomistajille. Osalla metsänomistajista tieto hiilinielun vahvistamisesta ja positiivisista monimuotoisuusvaikutuksista voisi lisätä mielenkiintoa tiheämpää kasvatusmallia kohtaan siihen liittyvistä epävarmuuksista huolimatta. Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan noin kolmasosa on kiinnostunut taimien istuttamisesta tiheämpään korvausta vastaan (Koskela ym., 2021).

5.7 Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut)

Eloperäiset lisäaineet lisäävät eloperäisen aineksen määrää maassa. Niitä käytetään maan multavuuden ja rakenteen parantamiseen, veden ja ravinteiden pidätyksen parantamiseen sekä maanviljelyn ja viherrakentamisen lannoitteena. Mahdollisia eloperäisiä maanparannusaineita on monenlaisia, kuten biohiili, kompostit, yhdyskuntalietteet ja mädätteet (Lehtonen ym. 2021). Tässä toimenpiteessä tarkasteltavaksi lisäaineeksi on rajattu vain biohiili, sillä erilaisien maanparannusaineiden ilmastovaikutukset vaihtelevat, joka tuo haasteensa niiden ilmaisemiseen yhtenä ilmastotoimena. Biohiili on pyrolyysillä valmistettua huokoista, hiilirikasta materiaalia. Suomessa biohiilien raaka-aineena on yleensä puuaines. (Riikonen 2019)

Koska toimenpiteen kohdalla ei toimeksiannossa määritelty toteutuskaalaa, toimenpiteen toteutus-pinta-alasta on tehty oletus, 1000 ha/v. Tämä tarkoittaa, että biohiiltä lisättäisiin viljeltyyn maaperään vuosittain 1000 ha kokoisella alueella. Suomalaisten viljelykokeiden (Mäkinen ym. 2012; Hovi 2017) ja Riikosen (2019) kirjallisuuskatsauksen perusteella maatalousmaahan lisättävän biohiilen määräksi on toimenpiteessä määritelty 20 t /ha, sillä viljelykokeissa lisäykset ovat usein 10-30 t/ha välillä.

Ilmastovaikutukset

Tässä laskelmassa biohiilen ilmastovaikutuksista on huomioitu vain biohiileen jo valmiiksi sitoutuneen hiilen vaikutus maaperän hiilivarastoon. Tarkastelu ei huomioi niitä päästöjä, jotka syntyvät biohiilen valmistuksesta, kun biomassaan sitoutunutta hiiltä vapautuu ilmakehään.

Biohiilellä voi myös olla positiivisia ilmastovaikutuksia maanparannusaineena, mikäli sen käyttö parantaa sadontuotantoa ja vähentää maanviljelyyn käytetyn peltoalan tarvetta. Koska tutkimuskirjallisuuden tulokset (kirjallisuuskatsaus esim. Riikonen 2019) biohiilen satovaikutusten osalta vaihtelevat suuresti ja positiiviset tulokset keskittyvät erityisesti trooppisen ja subtrooppisen ilmaston alueille, biohiilen sadontuotannon kasvun kautta realisoituvia ilmastovaikutuksia ei ole otettu huomioon. **Luonnonvarakeskuksen**

MAHTAVA-hankkeen laboratoriotutkimuksen perusteella yli 80 % biohiilen kokonaishiilestä jää maahan pitkäaikaisesti. (Heimsch 2020).

Kustannusvaikuttavuus

Biohiillelle on Suomessa ja maailmalla kehittyneet markkinat maanparannusaineena. Suomessa tuotanto on kuitenkin vielä matalalla tasolla ja sen hinta korkea. Varpula (2020) on koonnut opinnäytetyössään biohiilitonnin hintoja useammasta lähteestä. Biohiilitonnin tämänhetkiseksi hinnaksi on määritetty tämän listauksen perusteella hyvin karkeasti 1000 €/t biohiiltä. Oletetaan että biohiili on tehty puusta ja sen hiilipitoisuus on n. 2/3 (ks. Wang ym. 2016). **Näin ollen biohiilen kustannukset ilman levitystä ja kuljetuksia olisivat n. 510€/ t CO₂-ekv.** (1000 €/t biohiili * 3/2 biohiili/C * 12/44 C/CO₂ / 0,8). Tuhannen hehtaarin vuotuisella toimenpiteen toteutuksella vuotuinen **nielu olisi 19 555 t CO₂-ekv. /v** (19,55 t CO₂-ekv./ha/v) ja vuotuinen kustannus olisi **10 milj €/v.**

Hyväksyttävyyys ja ohjaukset

Biohiilen lisääminen maanviljelysmaan maaperään on tällä hetkellä yksityisen maanomistajan näkökulmasta kallis toimi, etenkin jos oletus siitä että sato ei parane pitää paikkansa. Kustannus on hyvin tuntuva, sillä se realisoituu yksityiselle maanomistajalle kertakustannuksena. Jos biohiilen lisääminen maaperään ei ole yksityisen maanomistajan näkökulmasta kannattavaa, toimenpiteen toteutuminen markkinalähtöisesti on epätodennäköistä. Kompostin lisääminen maatalousmaaperään ei ole varsinainen ilmastotoimi, koska se vain siirtää jo olemassa olevia hiilivarastoja maatalousmaalle.

6 Tulosten yhteenveto

Yhteenvetotaulukko kokoaa toimenpidekohtaisesti selvityksen arviot toimenpiteiden vaikuttavuudesta suhteessa ilmastotavoitteeseen, toimenpiteellä saavutettujen päästövähennysten tai hiilinielun lisäysten aiheuttamisen kustannusten tasosta ja toimenpiteiden hyväksyttävyydestä. Yhteenvetotaulukon tarkoituksena on helpottaa maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman toimenpiteiden vertailua.

Ilmastovaikuttavuus kuvaa toimenpiteen potentiaalia maankäyttösektorille asetetun kolmen miljoonan hiilidioksidiekvivalentitonin suuruisen nettonielunlisäyksen saavuttamisessa vuoteen 2035 mennessä. Ilmastovaikuttavuus on saatu vertaamalla toimenpiteen vaikutusta maankäyttösektorin nettonieluun vuonna 2035 tähän päästövähennystavoitteeseen. Ilmastovaikuttavuus on sitä suurempi mitä merkittävämpi maankäyttösektorin päästöjä vähentävä tai nieluja kasvattava vaikutus toimenpiteellä vuoteen 2035 mennessä on arvioitu olevan ja mitä suuremman osan maankäyttösektorin ilmastotavoitteesta sen toteutuminen kattaisi. Ilmastovaikuttavuus riippuu:

1. Toimenpiteen ilmastovaikutusten merkittävydestä yksikkötasolla, esimerkiksi paljonko toimenpide vähentää vuosittaisia maaperäpäästöjä tai kasvattaa hiilivarastoa per hehtaari.
2. Toimenpiteen skaalauksesta, esimerkiksi kuinka suurella pinta-alalla toimenpidettä on määriteltävä toteutettavan.

Ilmastotoimenpiteiden ilmastovaikuttavuuden arviot ovat karkeita, koska arviot toimenpiteiden vaikutuksista maankäyttösektorin nettonieluun vuonna 2035 perustuvat täysin tämän selvityksen yhteydessä tehtyyn laskelmaan. Laskelman pohjatietoina toimenpiteiden yksikkötason ilmastovaikutuksista on käytetty aiempien selvitysten ja tutkimuskirjallisuuden tietoja. Näin ollen ilmastovaikutusten arvioihin sisältyy aiempien arvioiden epävarmuustekijät. Skaalat on määriteltävä toimenpidekohtaisesti. Osan toimien kohdalla skaalat ovat tulleet ulkopuolelta annettuna, kuten HIISI-raportin WAM-skenaariosta ja osan toimista kohdalla hankkeen toteuttajat ovat määritelleet hypoteettisen toteutusalan yhdessä toimeksiantajan kanssa.

Taulukko 2. Ilmastotoimenpiteiden ilmastovaikuttavuuden mittaristo

| Ilmastovaikuttavuus | Vaikutus maankäyttösektorin nettonieluun vuonna 2035 | Tulkinta |
|--------------------------|--|--|
| Erittäin hyvä | yli 0,75 milj. t CO ₂ -ekv. | Kattaa yli 25 % ilmastotavoitteesta |
| Hyvä | 0,3–0,75 milj. t CO ₂ -ekv. | Kattaa 10–25 % ilmastotavoitteesta |
| Tyydyttävä | 0,05–0,3 milj. t CO ₂ -ekv. | Kattaa alle 10 % ilmastotavoitteesta |
| Ei vaikutusta | -0,05–0,05 milj. t CO ₂ -ekv. | Ei vaikutusta / minimaalinen vaikutus suhteessa ilmastotavoitteeseen |
| Erittäin huono | alle -0,05 milj. t CO ₂ -ekv. | Negatiivinen ilmastovaikutus |
| Avoin, ei voida arvioida | - | - |

Kustannusvaikuttavuus kuvaa kuinka paljon yksi ilmastotoimenpiteellä saavutettu hiilidioksidiekvivalenttitonni päästövähennystä tai hiilinielun lisäystä tulisi yhteiskunnalle maksamaan. Hinta on määritelty ilmastotoimenpiteen kustannusvaikutusten perusteella. Kustannusvaikutuksista on huomioitu toimenpiteen vaikutus yksityisen maanomistajan nettotuloihin ja julkisen sektorin menoihin. Osa toimista tuottaa yksityiselle sektorille kustannuksia tulonmenetysten muodossa ja osa kasvattaa tuloja. Myös toimenpiteiden vaikutukset julkisen sektorin menoihin vaihtelevat riippuen siitä kasvattaako vai laskeeko toimenpiteen toteuttaminen julkisen sektorin menoja verrattuna nykyisiin menoihin. Suuremmat kustannukset samasta ilmastovaikutuksesta merkitsevät huonompaa kustannusvaikuttavuutta ja pienemmät parempaa. Johtopäätösten tekemisessä kustannusvaikuttavuuden arvioiden pohjalta on huomioitava, että arvio ei kata kaikkia kustannuksia ja yhteiskunnallisia hyötyjä ja että osasta huomioituista kustannuksista on jouduttu tekemään arvioita puutteellisen tietopohjan perusteella.

Taulukko 3. Ilmastotoimenpiteiden kustannusvaikuttavuuden mittaristo.

| Kustannusvaikuttavuus | | Ilmastovaikutusten saavuttaminen... |
|--------------------------|------------------------------------|--|
| Erittäin hyvä | alle 0 €/ t CO ₂ -ekv. | Pientää yhteiskunnan nettokustannuksia / ei vaikuta niihin |
| Hyvä | 0–10 €/ t CO ₂ -ekv. | Tuottaa pieniä yhteiskunnallisia kustannuksia |
| Keskiverto | 10–50 €/ t CO ₂ -ekv. | Tuottaa keskivertoja yhteiskunnallisia kustannuksia |
| Huono | 50–200 €/ t CO ₂ -ekv. | Tuottaa suuria yhteiskunnallisia kustannuksia |
| Erittäin huono | yli 200 €/ t CO ₂ -ekv. | Tuottaa erittäin suuria yhteiskunnallisia kustannuksia |
| Avoin, ei voida arvioida | - | - |

Hyväksyttävyyden arvio on synteesi seuraavista ilmastotoimenpiteen hyväksyttävyyteen vaikuttavista tekijöistä:

1. Ilmasto- ja kustannusvaikutusten arvioihin liittyvät epävarmuudet tutkimuskirjallisuudessa ja aiemmissa selvityksissä. Suurempi epävarmuus liittyen esimerkiksi ilmastovaikutusten arvioihin heikentää hyväksyttävyyttä.
2. Hyväksyttävyys maanomistajan näkökulmasta nykyisessä toimintaympäristössä. Maanomistajalle kohdistuvat merkittävät kustannukset ja tulonmenetykset, jotka eivät nykyisessä toimintaympäristössä tule korvatuiksi heikentävät hyväksyttävyyttä. Maanomistajilla on myös erilaisia tavoitteita omistuksensa suhteen. Kannattavuuden lisäksi maanomistajan asennoitumista ilmastotoimeen on arvioitu mm. TURVA- ja Metsänomistaja 2020-kyselytutkimusten tulosten perusteella.
3. Ilmastotoimien suorien ruoka- ja puumarkkinavaikutusten merkittävyys.
4. Markkinoiden valmius toimenpiteen toteuttamiselle.

Hyväksyttävyyden arvio ei ole täydellinen ja se kokoaa samaan mittariin hyvin erilaisia laadullisia arvioita. Arvion tarkoitus on tuottaa tietoa toimenpiteen toteutettavuudesta nykyisessä toimintaympäristössä ja osoittaa, onko poliittisen ohjauksen muutokselle tarvetta, mikäli toimenpide halutaan toteuttaa. Arvio pyrkii toimenpidekohtaisesti nostamaan esiin merkittävimpiä tekijöitä, jotka voivat osoittautua ilmastopolitiikkatoimen toteutumisen esteiksi tai hidasteiksi, mikäli toimintaympäristö pysyy ennallaan, eli markkinatilanne, politiikka ja muut maa- ja metsätalouden toimintaympäristöä määrittävät tekijät pysyvät nykyisen kaltaisina.

Taulukko 4. Ilmastotoimenpiteiden hyväksyttävyyden mittaristo.

| Hyväksyttävyys | Tulkinta |
|--------------------------|---|
| Erittäin hyvä | Ei merkittäviä epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä nykyisessä toimintaympäristössä |
| Hyvä | Pieniä epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä nykyisessä toimintaympäristössä |
| Keskiverto | Joitakin epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä nykyisessä toimintaympäristössä |
| Huono | Merkittäviä epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä toimintaympäristössä |
| Erittäin huono | Erittäin merkittäviä epävarmuustekijöitä tai toteutettavuutta heikentäviä tekijöitä nykyisessä toimintaympäristössä |
| Avoin, ei voida arvioida | - |

Taulukko 5. Tulosten yhteenveto

| Ilmastotoimi | Ilmasto-vaikuttavuus | Kustannus-vaikuttavuus | Hyväksyttävyys |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta | Erittäin hyvä | Hyvä | Erittäin hyvä |
| Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta | Erittäin hyvä | Erittäin hyvä | Erittäin hyvä |
| Tehdään rehevien korprien harvennusalasta 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida |
| Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä | Tyydyttävä | Erittäin hyvä | Keskiverto |
| Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta | Hyvä | Erittäin hyvä | Hyvä |
| Vähennetään kivennäismaapellon raivausta | Tyydyttävä | Erittäin hyvä | Hyvä |
| Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä | Ei vaikutusta | Avoin, ei voida arvioida | Erittäin hyvä |
| Lisätään hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") pellon metsitystä | Tyydyttävä | Hyvä | Erittäin hyvä |
| Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot) | Tyydyttävä | Erittäin hyvä | Hyvä |
| Lisätään kivennäismaapellon metsitystä | Tyydyttävä | Erittäin hyvä | Huono |
| Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5–10 cm) | Tyydyttävä | Erittäin hyvä | Hyvä |
| Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot) | Ei vaikutusta | Erittäin huono | Erittäin huono |

| | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Siirretään kivennäismaapeltoa vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot) | Ei vaikutusta | Erittäin huono | Erittäin huono |
| Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla | Hyvä | Keskiverto | Huono |
| Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko) | Tyydyttävä | Keskiverto | Erittäin huono |
| Lisätään kerääjäkasvien käyttöä | Hyvä | Huono | Huono |
| Lisätään maanparannus- ja saneerauskasveja | Hyvä | Huono | Erittäin huono |
| Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla | Tyydyttävä | Hyvä | Hyvä |
| Lisätään viherlannoitusnurmien viljelyä | Tyydyttävä | Huono | Huono |
| Lisätään biokaasunurmien viljelyä | Tyydyttävä | Huono | Huono |
| Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsissä | Tyydyttävä | Huono | Hyvä |
| Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida |
| Parannetaan metsätuho-riskien arviointia ja hallintaa | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida |
| Pidennetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmastovaikutus 2) kohteilla joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus)) | Erittäin hyvä | Hyvä | Keskiverto |
| Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä | Avoin, ei voida arvioida | Avoin, ei voida arvioida | Hyvä |
| Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen) | Avoin, ei voida arvioida | Hyvä | Huono |
| Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut) | Ei vaikutusta | Erittäin huono | Hyvä |

Metsälannoituksilla saatava arvioitu hiilinielujuja lisäävä vaikutus vuonna 2035 on yhteensä 3,6 milj. t CO₂-ekv./v, mikä kattaa ilmastosuunnitelman ilmastolliset tavoitteet. Turvemetsien tuhkalannoituksen kustannusvaikuttavuus arvioitiin olevan 6,4 €/ CO₂ t ekv. ja kasvatuslannoitukset arvioitiin metsänomistajille

kannattaviksi. Tutkimuksen mukaan (Koskela ym. 2021) reilu neljäkymmentä prosenttia metsänomistajista olisi valmis käyttämään lannoitusta hiilen sitomisen keinona. Kiinnostuneita ovat erityisesti nuoremmat, isompien tilojen omistajat. Metsänomistajat ovat kiinnostuneita sekä tuhkalannoitusten ja kasvatustalannoitusten toteuttamisesta ja nämä toimenpiteet ovat puuntuotantoa lisäävä. Informaatio-ohjauksella voitaisiin lisätä metsänomistajien tietoa taloudellisilta ja ilmastollisista hyödyistä ja selventää nykytietämystä vesistö- ja ympäristövaikutuksista sekä toimenpiteisiin liittyvistä riskeistä.

Rehevien korprien ja karujen rämeiden toimenpiteiden osalta tarvitaan vielä lisää informaatiota, mutta toimenpiteisiin kuuluva ojituksista luopuminen vaikuttaisi lupaavalta ilmastotoimenpiteeltä yhdistettynä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen. Koskela ym. (2021) mukaan 37 prosenttia vastaajista, erityisesti kaupunkilaiset, palkansaajat sekä yhtymät ja kuolinpesät, olisivat kiinnostunut jatkuvasta kasvatuksesta turvemaiden ilman ojien kunnostusta. Toimenpiteeseen liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta erityisesti taimettumisessa ilman kunnostusojitusta.

Rehevien korprien ja karujen rämeiden kunnostusojitukset tulevat vähenemään nykyisestä, koska tulevassa kannustinjärjestelmässä (METKA) kunnostusojituksille ei myönnetä enää tukea. Koska jatkuvapeitteinen kasvatustalouden kannustavuus paranee nykytilanteeseen verrattuna. Kuitenkin koska metsänomistajalle kohdistuvista tuloista ja puuston kasvusta jatkuvapeitteisen kasvatuksen mallissa turvemaiden on vielä vähän tietoa ja kokemusta, tulisi metsäammattilaisten koulutusta lisätä.

Toimenpiteen raivausten vähentämiseksi estävät uusien maankäyttösektorin päästölähteiden syntyminen arviolta 0,76 milj. t CO₂-ekv./v. Tämä vastaa 25 % suuruisia osuuksia ilmastotavoitteesta, mutta tulokannassa on huomioitava, että toimenpide ei vähennä nykyisiä päästöjä, vaan estää uusien syntyminen. Raivausten rajoittamisen ilmastohyödyt ovat merkittäviä ja selkeitä ja raivausten rajoittamisella ei ole nykyistä ruuantuotannonalaa vähentävää vaikutusta. Raivausten rajoittamisen hyväksyttävyyttä heikentää rajoittamisen kustannusten kohdistuminen niille viljelijöille, joiden saavutettavissa ei ole muita vaihtoehtoja toiminnan laajentamiseksi esimerkiksi lannanlevityksen mahdollistamiseksi.

Joutoalueiden metsitystoimenpiteet soveltuvat erityisesti pitemmän aikavälin ilmastotoimenpiteiksi. Ilmastosuunnitelman tavoitevuonna 2035 turvepellon metsityksistä ("joutoalue") on kulunut vielä niin lyhyt aika, että ne tuottavat negatiivisten ilmastovaikutusten, eli ovat päästöjä lisääviä. Hylätyn turvepellon metsityksen hyödyt kuitenkin kääntyvät positiivisiksi 20 vuoden kuluttua metsi-

tyksestä, kun päästöt pienenevät metsityksestä johtuen verrattuna aikaisemman maankäytön päästöihin. Hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") ilmasto-hyödyt ovat positiiviset heti metsityksen jälkeen, ja hyödyt kasvavat edelleen ajan kuluessa. Kivennäismaan ("joutoalue") osalta metsitystoimenpide on kustannusvaikuttavuudeltaan n. 10€/ t CO₂-ekv.

Hylätyn turvemaa- ja kivennäismaapeltojen ("joutoalue") metsitys vähentää maankäyttösektorin päästöjä selkeästi, mutta päästövähennykset realisoituvat vasta pitkällä aikavälillä. Joutomaiden metsitys on maanomistajan kannalta kannattava investointi. Hyväksyttävyyttä parantaa myös merkittävien metsitystukien olemassaolo. Toisaalta tällaisilla käyttämättä jääneillä hylätyillä alueilla metsittymistä tapahtuu myös itsestään, mutta metsittämisellä alueelle kasvavan puuston hiilinielunkasvua voidaan aikaistaa. Osalla joutoalueista metsän ja hiilivaraston kasvaminen voi olla keskimääräistä hitaampaa, mikäli alueet on aiemmin jätetty metsittämättä tai käyttämättä maataloudessa maaperän ominaisuuksien vuoksi. Näiden alueiden metsittämisellä ei ole vaikutusta ruoantuotantoon ja pidemmällä aikavälillä positiivinen vaikutus puuntuotantoon.

Turveltojen (huonosti tuottavat pellot) metsitys ja siirto ilmastokosteikoiksi sekä kivennäismaapeltojen metsitys ovat toimenpiteitä, joilla voidaan edistää ilmastotavoitteiden saavuttamista kustannusvaikuttavasti eli kaikkien kohdalla toimenpide arvioitiin yhteiskunnan kannalta säästöiksi. On kuitenkin huomattava, että toimien johdosta maatalouden ruuan- ja rehuntuotantoala pienenee ja markkina- ja huoltovarmuus riskit kasvavat. Turveltojen (huonosti tuottavat pellot) metsitys ja siirto ilmastokosteikoiksi sekä kivennäismaapeltojen metsitys vähentävät ruuan- ja rehuntuotantoalaa. Turvemaan toimenpiteet on kohdistettu huonosti tuottaville pelloille, mutta kivennäismaiden osalta vastaavaa tavoitetta ei ole asetettu.

Vesiensojelukosteikkojen osalta päästöihin liittyy huomattavaa epävarmuutta sekä hiilidioksidi- että metaanipäästöjen osalta (IPCC 2014). Vesiensojelukosteikkotoimien yhteenlaskettu pinta-ala on vain 100 ha/v ja ilmastolliset vaikutukset ovat mitättömät. Näin ollen jo hallinnolliset kustannukset tekevät toimista ilmastonäkökulmasta kannattamattomia toimenpiteitä. Vesiensojelukosteikkoja tarkoitus on pääsääntöisesti pelloilta ja metsistä tulevan ravinne- sekä kiintoainekuorman pidättäminen. Ilmastotoimina vesiensojelukosteikkojen pinta-alat ovat mitättömiä, jotta niillä saataisiin vaikuttavuutta aikaan ja lisäksi ilmastovaikutukset riippuvat toteutuksesta ja siten ne ovat epävarmoja.

Turvemaan nurmiviljely korotetulla vedenpinnalla ja kosteikkoviljely (ruoko-helvi, järviruoko) perustuvat turpeen hiilivaraston hajoamisen hidastamiseen vedenpintaa nostamalla. Toimien annetuilla toteutusaloilla näyttäisi saatavan

jopa 24 % osuus (725 000 t CO₂-ekv./v) maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman tavoitteesta pienehköin kustannuksin n. 10-20€/ t CO₂-ekv. Turvemaan nurmiviljely korotetulla vedenpinnalla ja kosteikkoviljely (ruokohelpi, järviruoko) sisältävät huomattavia riskejä etenkin maanviljelijälle. Kosteikkoviljelyn tuotteille ei ole tällä hetkellä markkinoita. Lisäksi toimenpide on uusi viljelijöille ja sisältää paljon riskejä liittyen muun muassa kasvatukseen, korjuuseen ja varastointiin. Vedennosto säätösalaajituksin on toteutettavuudeltaan epävarmaa ja sitä pidetään kalliina ja työläänä. Riskien ja kokemusten puutteen vuoksi toimenpiteen käyttöönotto tulee todennäköisesti olemaan verikkaista.

Kerääjäkasvien lisäämisen toimenpide yksinään kattaisi noin 24 % (725 000 t CO₂-ekv./v) maankäyttösektorin ilmastotavoitteesta vuonna 2035. On kuitenkin huomattava, että kerääjäkasvien pitkäaikaiseen kykyyn toimia hiilinieluna liittyy suurta epävarmuutta jo 20 vuoden jälkeen. Toimenpiteen kustannusvaikuttavuus on huonohko verrattuna muihin maankäyttösektorin vuonna 2035 ja pitkäaikaisessa (vuoteen 2050) tarkastelussa erittäin huono tai kustannusvaikuttava riippuen käytetystä kustannustiedosta. Kerääjäkasvien toteutusala vuonna 620 000 ha vuonna 2035 on suuri huomioiden muiden toimien mahdolliset vaikutukset viljakasvien vuotuiseen viljelyalaan. Toimenpiteen hyväksyttävyyden kannalta on ongelmallista, että pitkäaikaisen hiilivaraston muodostuminen on heikkoa. Viljelijöiden kokemukset kerääjäkasvien käytöstä ovat kuitenkin myönteisiä ja toimenpiteessä on mahdollisuuksia positiiviseen maatalouden tulovaikutukseen. Toimenpide on satotasoa lisäävä toimenpide eikä vähennä ruuantuotantoalaa, kuten kaikki muut maatalouden toimenpiteet.

Toimenpide maanparannus- ja saneerauskasvien lisäämiseksi on ilmastovaikutuksiltaan ja kustannusvaikuttavuudeltaan kerääjäkasvien kaltainen. Toimenpiteen mallintamisessa käytetäänkin kerääjäkasvien ilmastovaikutuksia, mutta kolminkertaisena. Toimenpiteen kustannusvaikuttavuus on huonohko verrattuna muihin maankäyttösektorin toimenpiteisiin vuonna 2035 ja pitkäaikaisessa (vuoteen 2050) tarkastelussa erittäin huono. Kustannuksissa ei ole kirjallisuuden perusteella hajontaa samalla tavalla, kuin kerääjäkasvien kohdalla.

Toimenpide maanparannus- ja saneerauskasvien lisäämiseksi sisältää samat ongelmat hyväksyttävyydessä kuin kerääjäkasvit. Vaikka toimenpide on maanrakennetta parantava toimenpide, niin sen vaatima väli vuosi viljelyssä vähentää vuotuista ruuan- ja rehuntuotantoalaa.

Nurmien viljelyn lisääminen turvepelloilla on toimenpiteenä ilmastovaikutuksiltaan ja kustannusvaikuttavuudeltaan vaikuttava toimenpide. Tämä johtuu turvemaiden merkittävästä ilmastohyödyistä, kun turvamaalla viljellään nurmea yksivuotisten kasvien sijaan.

Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla -toimenpiteen kannattavuutta ja kiinnostavuutta parantaa se, että turvepellon nurmen saa lannoittaa ja sitä voidaan käyttää tuotantonurmen tapaan. Hyväksyttävyyttä heikentää kuitenkin vaatimus nurmen säilyttämisestä sitoumuskauden ajan, mikä tarkoittaa tavanomaista pidempää nurmen kiertoaikaa pienentäen satotasoa. Toimenpide ei vaadi maatioilta uusia koneita tai menetelmien käyttöönottoa, vaan toimenpide perustuu viljelykierron muutoksiin.

Viherlannoitus- ja biokaasunurmien viljelyn tavoiteala sijoittuu kivennäismaille, minkä vuoksi esitettyyn pinta-alaan nähden niillä saadaan vaatimattomasti ilmastovaikutuksia. Toimenpiteiden kustannukset ovat suuria pienten ilmastovaikutusten lisäksi siitä syystä, että toimenpide heikentää maanviljelyn tuotonta katetuottoa. Toimenpiteiden alue on vahvaa viljanviljelyaluetta ja viljelyn vähentyessä markkinariskin vaikutus on huomattava. Viherlannoitusnurmiin ja biokaasunurmien viljelyn toimenpiteiden hyväksyttävyyttä heikentää se, että tavoiteala sijoittuu kivennäismaille hyvillä kasvualueilla. Toimenpiteillä saavutetaan vain pieniä ilmastovaikutuksia suhteessa ruuantuotannon vähenemiseen. Lisäksi biokaasunurmien viljely ja biokaasumarkkinoiden syntyminen vaatii merkittäviä investointeja ja sisältää vielä merkittäviä riskejä markkinoiden kehittymättömyyden vuoksi.

Lahopuun hiilivaraston lisääminen talousmetsissä hakkuiden yhteydessä on laajuudeltaan suuri, mutta hehtaaria kohden pieni hiilinielu ja kustannus, joten informaatio-ohjauksella voidaan saavuttaa nopeastikin tuloksia. Kustannusvaikuttavuus on korkeahko, mutta valitsemalla heikompiarvoisia puita kustannusvaikuttavuutta voidaan helposti kohentaa. Toimenpide kiinnostaa kuitenkin puolta maanomistajakunnasta, varsinkin jos lisäksi lahoppuista saisi korvauksen. Toimenpiteestä ovat kiinnostuneita erityisesti palkansaajat, kaupunkilaiset, nuoret ja isojen metsätilojen (>100 ha) omistajat (Koskela ym. 2021). Lahoppuun hiilinieluvaiikutuksista on myös kohtalaisen hyvin tietoa. Metsään jäänyt kuollut runkopuu sitoo hiiltä ja hajoaa hitaasti. Lahoppuun määrän lisääminen metsissä edistää myös luonnon monimuotoisuutta. Informaatio-ohjauksella voidaan saada nopeastikin muutoksia, koska vain pieni osa metsänomistajista on toimenpidettä vastaan.

Toimenpiteet ”Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa” ja ”Parannetaan metsätuho-riskien arviointia ja hallintaa” ovat ennen kaikkea tutkimustulosten viemistä käytäntöön sekä tutkimustiedon lisäämistä vaativia. Ilmastovaikutusten arviointia tai kustannusten määrittämistä ei voida tässä vaiheessa toteuttaa. Toimenpiteet ”Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös

muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa” ja ”Parannetaan metsätuho-riskien arviointia ja hallintaa” ovat hyväksyttäviä tavoitteita, mutta laajoja ja täsmennyttäviä yksittäiseksi ilmastotoimenpiteeksi.

Metsien kiertoajan pidentämiseen soveltuvia metsiä on Suomessa ilmastovai-kuttavuuden kannalta merkittävästi suhteessa Maankäyttösektorin ilmastota-voitteisiin ja kirjallisuuden perusteella toimenpide vaikuttaa kustannusvaikutta-valta. Toimenpide on myös varsin suosittu metsänomistajien keskuudessa, jopa 56 prosenttia olisi kiinnostunut. Päätehakkuiden viivästyttämisestä olivat kiinnostuneita erityisesti nuoret, pienen metsätilan omistajat, jotka ovat tavoit-teiltaan virkistyskäyttäjiä tai monitavoitteisia (Koskela ym. 2021). Suomen met-sänomistajat suosivat myös muitakin kuin puuntuotannollisia hyötyjä. Ohjaus-keinollisesti on haastavaa siten asettaa vertailukohtaa, jonka ylityksestä annet-taisiin hyvitystä ja saataisiin aitoja hiilinielulisäyksiä. Markkinaehtoiset toimijat ja informaatio-ohjaus sopivat todennäköisesti tehokkaammin kiertoaikojen pi-dennyksiin.

Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä on toimenpiteenä laaja ja ennen kaikkea toimi joka kohdistuu puutuotteiden kysyntään. Ilmastovaikutuksia ja kustannuksia ei voida arvioida tässä vaiheessa. Puutuotteiden käytön lisäämi-nen on yhteiskunnallisesti varsin hyväksyttävää ja siihen on panostettu myös poliittisen ohjauksen kautta. Vuoteen 2035 mennessä merkittävän lisäyksen ai-kaan saaminen puutuotteiden kysynnälle on hyvin epävarma tavoite ilmastopo-litiikalle

Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vai-kuttaminen) on mahdollisesti toimenpide, joka voi olla ilmastollisesti kustan-nusvaikuttava. Toimenpide täytyisi kuitenkin määritellä tarkemmin, jotta vaiku-tusta voitaisiin arvioida pitemmällä aikavälillä ja erilaisilla kasvupaikoilla ja puu-lajeilla. Koska Suomessa metsiä on perinteisesti kasvatettu pitkälti tapiolaisten metsänhoitosuositusten mukaan, voitaisiin luoda yksinkertainen ohjauskeino metsien hiilivarastojen lisäämiseksi esimerkiksi tarjoamalla harvennusmalleja hiilensidontaa painottaville metsänomistajille. Osalla metsänomistajista tieto hiilinielun vahvistamisesta ja positiivisista monimuotoisuusvaikutuksista voisi lisätä mielenkiintoa tiheämpää kasvatusmallia kohtaan siihen liittyvistä epävar-muuksista huolimatta.

Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalous-maan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut) toimenpide on nimensä mukaisesti maltillinen ilmastotoi-menpide. Tarkastelussa käytetty biohiili on pitkäaikainen hiilivarasto, mutta kal-lis. Maanparannusaineiden lisääminen maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi täytyy hyväksyttävyyden kannalta olla hiilivarastoa lisäävä

toimi. Kompostin lisääminen ei ole, koska se olisi muutenkin sijoitettu toisaalle. Lisäksi tuotannon aikaiset vaikutukset täytyy ottaa huomioon.

On huomattava, että tässä arviossa ei huomioitu toimenpiteiden yhteisvaikutuksia. Arviointi ei myöskään ulottunut ns. hiilivuotoon, jossa esimerkiksi puuntuotantoa vähentävä toimenpide aiheuttaa lisähakkuita muualla kotimaassa tai ulkomailla. Osa tarkastelluista toimenpiteistä vähentää puun tai ruuan tuotantoa, osa lisää sitä, kuten kerääjäkasvit ja metsien lannoitus. Maankäyttöä muuttavat toimenpiteet tuottavat erilaisen ekosysteemipalvelukorin tulevaisuudessa. Esimerkiksi maatalouden metsitystoimet lisäävät puumarkkinoiden raaka-aineena käytettävän puun määrää. Osalla toimenpiteistä on ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi muita ympäristöhyötyjä, jotka ovat olleet ensisijaisia tähän asti, kuten maatalouden kosteikkojen vesistövaikutukset tai lahoppuun hyödyt metsäluonnon monimuotoisuudelle. Yhteiskunnan kannalta tulee harkita kannattaako pinta-alaa lisätä näiden toimien osalta yli sen mikä hyödyttää ensisijaista tavoitetta, jos niiden ilmasto vaikuttavuus on heikko. Näistä tarkastelunäköalustoista tulisi tehdä lisätutkimuksia tulevina vuosina.

Arvioinnin perusteella hyvinä ilmastotoimenpiteinä erottui kymmenen toimenpidettä. Nämä toimenpiteet ovat ilmasto vaikuttavuudeltaan vähintään tyydyttäviä ja kustannusvaikuttavuudeltaan hyviä tai erittäin hyviä sekä niiden hyväksyttävyyden on vähintään keskiverto. Näillä toimenpiteillä arvioitiin saavutettavan yhteensä 5,2 milj. t CO₂-ekv./v positiivinen ilmasto vaikutus vuonna 2035.

Tässä raportissa arvioituja toimenpiteitä täydentää maaliskuun 2022 suunnitelmaluonnos Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta (Liite 5). Suunnitelmaluonnoksessa esitetyt toimenpiteet ovat osittain päällekkäisiä tässä raportissa arvioitavien toimenpiteiden kanssa, mutta näiden lisäksi suunnitelmaluonnoksessa esitetään myös varsinaisten maankäyttötoimenpiteiden toteuttamista tukevia toimia, joita ei tässä arviointikokonaisuudessa kuitenkaan voitu arvioida tarkemmin.

Lähteet

Ahti, E. & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. Teoksessa: Trettin, C., Jurgensen, M., Grigal, D., Gale, M. & Jeglum, J. (toim.). Northern Forested Wetlands: Ecology and Management. CRC Press, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA. s. 449–457. ISBN 978-1-56670-177-8

Ahtikoski, Anssi; Hökkä, Hannu. 2019. Intensive forest management — does it pay off financially on drained peatlands? *Canadian Journal of Forest Research* 49: 1101-1113..

Ahtikoski, A., Salminen, H., Hökkä, H., Hakkarainen, S. & Penttilä, T. 2012. Optimising stand management on peatlands: The case of Northern Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 42(2)

Alestalo, L. (2016). Kerääjäkasvien viljely Uudellamaalla vuonna 2015. Uudenmaan ELY-keskus.

Barel, J.M., Mouliá, V., Hamard, S., Sytiuk, A. & Jassey, V.E.J. 2021. Come Rain, Come Shine: Peatland Carbon Dynamics Shift Under Extreme Precipitation *Frontiers in Environmental Science*, 24 June 2021. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.659953>

Bianchi, S., Huuskonen, S., Siipilehto, J. & Hynynen, J. 2021. Differences in tree growth of Norway spruce under rotation forestry and continuous cover forestry. *Forest Ecology and Management*, Volume 489, 1 June 2021, Pages 119137

Berg-Andersson, B., Kaitila, V., Kulvik, M., & Lintunen, J. 2021. The Finnish Forest Industries Up to Year 2025 (No. 112). The Research Institute of the Finnish Economy.

Climate Panel Report 2/2019, 88. (Suomen ilmastopaneeli). Available online at: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/02/Ilmastopaneeli_mets%C3%A4mallit_raportti_180219.pdf

Cowie, A., Woolf, D., Gaunt, J., Brandão, M., de la Rosa, R. A., & Cowie, A. 2015. Biochar, carbon accounting and climate change. In *Biochar for Environmental Management* (pp. 795-826). Routledge.

Davies, O. and Kerr, G. 2015. Comparing the costs and revenues of transformation to continuous cover forestry for Sitka spruce in Great Britain. *Forests* 6, 2424–2449. <https://doi.org/10.3390/f6072424>

Dymond, S.F., D'Amato, A.W., Kolka, R.K., Bolstad, P.V., Sebestyen, S.D., Gill, K. & Curzon, M.T. 2019. Climatic controls on peatland black spruce growth in relation to water table variation and precipitation. *Ecohydrology*. 12(7) e2137. Saatavissa: <https://doi.org/10.1002/eco.2137>

Fagerberg, N., Lohmander, P., Eriksson, O., Olsson, J. O., Poudel, B. C., & Bergh, J. 2022. Evaluation of individual-tree growth models for *Picea abies* based on a case study of an uneven-sized stand in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest*

Research, 1-14. <https://www.tandfon-line.com/doi/full/10.1080/02827581.2022.2037700>.

Finlex 2020. Finlex - HE 150/2020: Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi metsityksen määräaikaisesta tukemisesta HE 150/2020 - Hallituksen esitykset – FINLEX.

Haltia, E., Lehtosalo, H., Rinta-Kiikka, S. & Yrjölä, T. 2020. Viljeltyjen turvemaiden päästöjen vähennys vaatii radikaaleja toimia (Policy brief 02/2020).

Heimsch, L., Helenius, J., Huusko, M. K., Höijer, L., Joonas, J. M., Kanerva, S., ... & Viskari, T. 2020. Hiiliopas: Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin.

Horne, P., Karppinen, H., Korhonen, O. ja Koskela, T. 2020. Metsien hoidon ja kasvatusmenetelmien hyväksyttävyyttä – Metsänomistaja 2020. PTT raportteja 266. s.82

Horne, P., Korhonen, O. & Ruuskanen, O-P. 2021. Metsiin kohdistuvien ilmastopoliittisten toimenpiteiden toteutettavuus ja puun tarjonta yksityisen metsänomistuksen näkökulmasta. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:66. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-302-9>

Hovi, H. 2017. Havupuubiohiilen jälkivaikutuksia maaperän viljavuuteen ja nurmikasveihin Suomen oloissa. Maa- ja metsätieteellisen tiedekunnan Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto.

Husa, M. & Kosenius, A-K. 2021. Non-industrial private forest owners' willingness to manage for climate change and biodiversity, *Scandinavian Journal of Forest Research*, DOI: 10.1080/02827581.2021.1981433

Hyötykasviyhdistys. 2021. Biohiilen käyttö. [Verkkosivu] Viitattu 15.11.2021: <https://hyotykasviyhdistys.fi/puutarhatieto/biohiilen-kaytto/>

Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020. Luonnonvarakeskus.

Hämäläinen, M., Joensuu, S., Koistinen, A., Saaristo, L. & Halme, P. 2020. PEFC-metsäsertifiointin vaikutusten arviointi. Tapion raportti.

Hökkä, H., Kaunisto, S., Korhonen, K. T., Päivänen, J., Reinikainen, A. & Tomppo, E. 2002. Suomen suometsät 1951–1994. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B: 201–357. <http://dx.doi.org/10.14214/ma.6242>

Hökkä, H., Salminen, H., Ahtikoski, A., Kojola, S., Launiainen, S., Lehtonen, M. 2016. Long-term impact of ditch network maintenance on timber production, profitability and environmental loads at regional level in Finland: a simulation study. *Forestry* 90, 90 2, 2: 234-246, 234-246.

Ilvesniemi, H. & Kukkola, M. 2017. Kivennäismailla lisäkasvua tyypillisäyksellä. Julkaisussa: Hynynen, J., Huuskonen, S. & Kojola, S. (toim.). *Metsä 150 – Metsänkasvatuksen keinot lisätä metsien puuntuotosta kestävästi ja kannattavasti*.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 16/2017. Luonnonvarakeskus, Verkkojulkaisu ISBN 978-952-326-377-2. s. 39– 45

IPCC 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (toim.). Julkaisija: IPCC, Switzerland.
Itkonen, J. 2020. Välineet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Julkaisumonistamo Eteläranta Oy. Saatavilla: <https://www.ilmastoraportti.fi/>

Itä-Suomen Metsätoimistot. 2022. Metsänlannoitus kangasmaille.
<https://metsatoimisto.fi/metsapalvelut/metsanlannoitus/kasvatuslannoitus/>. Viitattu 4.2.2022

Joensuu, S. 2017. Miten voitaisiin purkaa tuhkalannoituksen käytännön esteitä, jotta tuhkan kierrättäminen onnistuisi paremmin? <https://tapio-metsanhoitokortisto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/app/uploads/2018/01/Tuhkalannoituksen-esteiden-purku.pdf>

Jonsson, R. 2015. Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare. Arbetsrapport
Från Skogforsk nr. 863–2015. Skogforsk. Saatavilla: <https://www.skogforsk.se/contentassets/3abd62ca3a494d22a157c675ef10146c/arbetsrapport-863-2015.pdf>

Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A., Rämö, J., Mäkipää, R., Laiho, R., ... & Saarinen, M. 2021. Profitability of continuous-cover forestry in Norway spruce dominated peatland forest and the role of water table. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(999), 1-12.

Järvelä. 2019. Salaojitukseen tehty investointi kannattaa. Lantmannenagro. [Verkkojulkaisu]. Viitattu (29.10.2021) ,
<https://www.lantmannenagro.fi/maatilalla/artikkelit/2019/salaojitukseen-tehty-investointi-kannattaa/>

Kalliokoski, T., Heinonen, T., Holder, J., Lehtonen, A., Mäkelä, A., Minunno, F., et al. 2019. Skenaarioanalyysi metsien Kehitystä Kuvaavien Mallien Ennusteiden Yhtäläisyyksistä ja Eroista. Finnish
Karppinen, H., Hänninen, H. & Horne, P. 2020. Suomalainen metsänomistaja 2020. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 30/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 73 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-961-3>

Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A., & Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. *Carbon Management*, 10(2), 115-126.

Kleemola, J. 2013. Viherlannoitusopas. TEHO Plus -hankkeen julkaisu 2/2013.

Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotukseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen. *Dissertationes Forestales* 83. 67 s.

Korhonen, K. T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Hotanen, J. P., ... & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 86 s.

- Korpilahti, A. 2004. Tuhkan kuljetus ja levitys metsään. Metsätehon raportti 173. Helsinki.
- Koskela, T., Horne, P., Karppinen, H. ja Korhonen, O. 2021. Metsien ekosysteemipalvelut ja jokamiehenoikeus metsänomistajan näkökulmasta – Metsänomistaja 2020. PTT raportteja 267. 107 s. <https://www.ptt.fi/media/julkaisut/ptt-raportteja-267.pdf>
- Känkänen, H., Ketola, J. & Valkama, P. 2020. Uusia tuloksia kerääjäkasveista: UusiRaHa-hanke. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2020. Luonnonvarakeskus.
- Kärkkäinen, L., Haakana, M., Heikkinen, J., Helin, J., Hirvelä, H., Jauhiainen, L., ... & Packalen, T. 2019. Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.
- Kässi, P., Niskanen, O., & Lehtonen, H. 2015. Pellonhankinnan vaihtoehdot, kustannukset ja peltomarkkinoiden toimivuus.
- Laine, A., Raivio, T., Linnamaa, P., Kuusela-Opas, E., Mäntylä, I., Viertiö, V., Kontiokari, V. 2022. Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman ympäristöselostus. Gaia Consulting Oy.
- Laaksonen, L. 2018. Metsätalouden investointien kannattavuuden arviointi. Metsäojat. <https://tuohtametsasta.fi/wp-content/uploads/2018/02/Mets%C3%A4ojat-LL.pdf> Viitattu 10.11.2021
- Laturi, J. 2020. Optimal forestry under climate policy. Dissertations Forestales 299. <https://doi.org/10.14214/df.299>
- Laturi, J., Maidell, M., Haltia, E., Horne, P., Määttä, K. & Uusivuori, J. 2021. Metsätalouden kannustinjärjestelmän arviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 80 s.
- Lehtonen, H., Saarnio, S., Rantala, J., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aakkula, J., Jallinoja, M., Rasi, S., & Niemi, J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta – Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry. Helsinki
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., ... & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista.
- Liski, J. 2000. Millainen kiertoaika eduksi metsätaloudelle? Metsätieteen aikakauskirja 4/2000. doi:10.14214/ma.6071
- Luonnonvarakeskus. 2021. Metsävarat – Valtakunnan metsien inventointi VMI. [Verkkosivu]. (Viitattu 8.10.2021): <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsavarat-ja-metsasuunnittelu/metsavarat/>
- Luonnonvarakeskus. 2022. Taloustohtori. Maa- ja puutarhatalous -palvelu. Tuloslaskelma. Saatavilla: [luke.fi/taloustohtori](https://www.luke.fi/taloustohtori)

Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Kantola, T., Blomqvist, M. ja Kosunen, M.
Hyönteistuhoriskien hallinta uusilla teknologioilla. Tieteentori, Metsätieteen
aikakauskirja 1/2015:36-41.

Lötjönen, T. & Niemeläinen, O. 2014. Biokaasun raaka-aineen korjuukustannus HVP-
lohkoilta. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote Nro 30.
Lundmark, T., Bergh, J., Nordin, A. et al. Comparison of carbon balances between
con-
tinuous-cover and clear-cut forestry in Sweden. *Ambio* 45, 203–213 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s13280-015-0756-3>

Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H.,
Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen,
A., Myllykangas, J-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S. & Wall, A. 2021. Hiilineutraali
Suomi 2035 –Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163641>.

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2021. Metsätalouden kannustejärjestelmä
2020-luvulla. Työryhmän muistio. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2021:2.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-397-8>

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2021. Joutoalueita metsittämällä voidaan lisätä
metsäpinta-alaa. [Verkkosivu]. Viitattu 28.10.2021:
<https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos/joutoalueiden-metsitys>

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM). 2021. Suomen CAP-suunnitelma 2023-2027.
Viitattu 12.1.2021. https://mmm.fi/documents/1410837/12210688/Suomen+CAP-suunnitelma_nettiin.pdf/bdeff919-6355-93b9-662b-05d2c07d9ba3/Suomen+CAP-suunnitelma_nettiin.pdf?t=1640251569275

Maaseuduntulevaisuus. 2019. Metsän lannoitus kirittää kasvua ja hiilensidontaa.
<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/artikkeli-1.420596>

Maljanen, M., Sigurdsson, B.D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J.T. &
Martikainen P.J. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic
countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7: 2711–2738

Matala, J. 2020. Hirvieläintuhot muuttuvassa ilmastossa. Metsätieteen aikakauskirja
2020-10497. Tieteen tori: Metsien terveys nyt ja tulevaisuudessa. 6 s.
<https://doi.org/10.14214/ma.10497>

Mason, W. L., Diaci, J., Carvalho, J., & Valkonen, S. 2021. Continuous cover forestry
in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. *Forestry*, 1, 1-12. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab038>

Metsäkeskus. Metsätalouden tuet. Viitattu [12.11.2021]. Saatavilla
<https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/kemera-tuet>

Miettinen, J., Ollikainen, M., Aroviita, J., Haikarainen, S., Nieminen, M., Turunen, &
Valsta, L. Boreal peatland forests: ditch network maintenance effort and water protec-
tion in a forest rotation framework. *Canadian Journal of Forest Research*. 50(10):
1025-1038. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0339>

Minkkinen, K., Ojanen, P., Koskinen, M. & Penttilä, T. 2020. Nitrous oxide emissions of undrained, forestry-drained, and rewetted boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 478, 118494.

Moilanen M., Hytönen J., Hökkä H., Ahtikoski A. 2015. Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland. *Silva Fennica* vol. 49 no. 3 article id 1301. <https://doi.org/10.14214/sf.1301>

Myllys, M. 2019. Säätosalaojitukselta hyötyä turvemailla. <https://www.tukisaatio.fi/tietopankki/5242/saatosalaojitukselta-hyotya-turvemailla-turvemaat-hyotyvät-saatosalaojitukselta/>

Mäkinen, H., Rihmanen, K. ja Himanen, S. 2012. Biohiili: Lisätienestiä maaseutuyrittäjälle ja ympäristövaikutusten kestävämpää hallintaa? [Blogi]. Viitattu: 10.11.2021: <https://www.ilmastoviisas.fi/alueelliset-esimerkit/biohiili-lisätienestia-maaseutuyrittäjälle-ja-ympäristövaikutusten-kestavampaa-hallintaa-2/>

Naukkarinen, V. 2021. Kosteikkoviljelyn kasviopas. <https://docplayer.fi/203471716-Kosteikkoviljelyn-kasviopas.html>

Nerg K. 2009. Metsän kiertoajan vaikutus hiilensidontaan ja metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Liiketaloudellisen metsäekonomian Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.

Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2006. Hakkuumahdollisuudet Suomessa valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2006: 223–237.

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., Makipää, R., Miettinen, J., & Ollikainen, M. (2018). Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest Ecology and Management*, 424, 78-84. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.046>

Ojanen, P. & Minkkinen, K. 2019. The dependence of net soil CO₂ emissions on water table depth in boreal peatlands drained for forestry. *Mires and Peat* 24(27): 1–8. Saatavissa: <https://doi.org/10.19189/MaP.2019.OMB.StA.1751>

Oksala, A. 2019. Mapping suitable cultivated peatlands for mitigating greenhouse gas emissions by water table management. *Vesi- ja ympäristötekniikan Pro gradu-tutkielma*. Aalto-yliopisto.

Peura, M., Burgas, D., Eyvindson, K., Repo, A. and Monkkonen, M. 2018 Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests in Fennoscandia. *Biol. Conserv.* 217, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.018>

Pohjola, J., Laturi, J., Lintunen, J., & Uusivuori, J. 2018. Immediate and long-run impacts of a forest carbon policy—A market-level assessment with heterogeneous forest owners. *Journal of Forest Economics*, 32, 94-105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1104689917301265>

Poeplau, C. & Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41.

- Pukkala, T. 2014. Does biofuel harvesting and continuous cover management increase carbon sequestration? *Forest Policy and Economics* 43: 41–50.
- Pukkala, T. 2016. Does management improve the carbon balance of forestry? *Forestry* 2016; 1–11, doi:10.1093/forestry/cpw043
- Pukkala T., Lähde E., Laiho O. 2012. Continuous Cover Forestry in Finland – Recent Research Results. Teoksessa Pukkala T., von Gadow K. (toim.) *Continuous Cover Forestry. Managing Forest Ecosystems*, vol 23. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_3
- Purola, T. & Lehtonen, H. 2021. Farm-level effects of emissions tax and adjustable drainage on peatlands. *Environmental Management*. DOI: 10.1007/s00267-021-01543-1
- Rautiainen, A., Lintunen, J., & Uusivuori, J. 2018. How harmful is burning logging residues? Adding economics to the emission factors for Nordic tree species. *Biomass and Bioenergy*, 108, 167-177.
- Regina, K. & Heikkinen, J. 2017. Arviointikysymysten käsittely: Hiilen sitominen ja talteenotto maataloudessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 54/2017. Luonnonvarakeskus.
- Regina, K., Lehtone, H., Palosuo, T. & Ahvenjärvi, S. 2014. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ja niiden vähentäminen. MTT Raportti 127.
- Riikonen, A. 2019. Biohiili ja sen käyttömahdollisuudet viherrakentamisessa. Helsingin kaupungin rakennusvirasto.
- Ruuska, R. 2020. Suomen maasto- ja metsäpalojen torjuntajärjestelmän kehittäminen. Case vertailu Suomen ja Ruotsin järjestelmistä. Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. 67 s
- Räty T., Häkkinen T., Pesu J. 2021. Pitkäaikaisten biohiilivarastojen arviointimenetelmät : Esiselvitys puutuotteista, Tuloruuut. 58 s. Luonnonvarakeskus, Suomen ympäristökeskus.
- Saaristo, L. & Pasanen, H. 2018. Lahopuut ja luonnon monimuotoisuus. Tapio Palvelut Oy. Saatavissa: https://energia.fi/files/3335/Lahopuut_ja_luonnon_monimuotoisuus_2019.pdf
- Salomäki, M., Niemistö, P. & Uusitalo, J. 2012. Ensiharvennuksen toteutusvaihtoehdot ja niiden vaikutukset männikön tuotokseen ja kasvatuksen kannattavuuteen ojitetuilla turvemaidilla – simulointitutkimus. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2012: 163–178
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivänen, J. & Laine, J. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 1485–1496. Saatavissa: <https://doi.org/10.1139/X10-084>
- Sarkkola S., Hökkä H., Jalkanen R., Koivusalo H. & Nieminen M. 2013. Kunnostusojitustarpeen arviointi tarkentuu – puuston määrä tärkeä ojituskriteeri.

- Metsätieteen aikakauskirja 2/2013.
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff13/ff132159.pdf>
- Sarkkola, S., Laiho, R., Mäkipää, R., Nieminen, M. & Saarinen, M. 2020. Miten metsän jatkuva kasvatusta hillitsee ilmastonmuutosta? Luonnonvarakeskus. Vesistökuunnostusverkon talviseminaari 11.2.2020. Lounais-Suomen ELY-keskus.
- Seppälä, J., Asikainen, A., Kalliokoski, T., Kanninen, M., Koskela, S., Ratinen, I. & Routa, J. 2017. Tutkijoiden pääviestit metsien käytön ilmastovaikutuksista. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2017.
- Shanin, V., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Frolov, P., Chertov, O., Rämö, J., Lehtonen, A., Laiho, R., Mäkiranta, P., Nieminen, M., Laurén, A., Sarkkola, S., Penttilä, T., Tupek, B. & Mäkipää, R. 2021. Forest Ecology and Management. 496. 119479. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119479>
- Soimakallio, S., Saikku, L., Valsta, L., Pingoud, K. 2016. Climate change mitigation challenge for wood utilization – the case of Finland. Environmental Science and Technology 50(10), 5127–5134.
- Statistics Finland. 2021. GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN FINLAND 1990 to 2019, National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Yksityismetsätalouden liiketulos [verkkopublication]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 4.1.2022]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/ymtkan/>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Käytössä oleva maatalousmaa [verkkopublication]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 16.11.2021]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/kaoma/index.html>
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Metsänhoito- ja metsänparannus. [verkkopublication]. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Särkkä, L., Tuomola, P. & Jokinen, K. 2016. Ruokohelpi- ja järviruokopohjaisten materiaalien soveltuvuus tomaatin kasvualustaksi: Loppuraportti. Luonnonvarakeskus (Luke).
- Tapio metsänhoidon suositukset. n.d., Metsän uudistamisen ajoitus. Talous ja riskien huomioiminen uudistamisen ajoituksessa. [Verkkosivu]. <https://metsanhoidonsuosituks.fi/fi/toimenpiteet/metsan-uudistamisen-ajoitus/paatoksenteke>
- Tapio. 2021. Summa-arvotaulukot. [Verkkosivu]. Viitattu 12.11.2021: <https://tapio.fi/tuotteet-ja-palvelut/summa-arvotaulukot/>
- Taylor, S. 2012. The ranking of negative-cost emissions reduction measures. Energy Policy, 48, 430-438.
- TTS. Työtehoseura. 2021. [Verkkosivu]. Viitattu 12.11.2021. https://www.tts.fi/files/4413/Konetyon_kustannukset_ja_tilastolliset_urakointihinnat.pdf

- UPM. 2022. Metsänlannoituksen kannattavuus ja metsän tuotto. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/metsanlannoituksen-hyodyt-tuotto-ja-ymparistovaikutukset/>. Viitattu 4.2.2022
- US EPA. 2015. Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References. [Verkkosivu]. Viitattu: 10.11.2021: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>
- Uusivuori, J. & Laturi, J. 2007. Carbon rentals and silvicultural subsidies for private forests as climate policy instruments. *Canadian Journal of Forest Research* 37(12): 2541-2551. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/X07-071>
- Vaahtera, E., Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. & Kulju, I. 2021. Metsätilastollinen vuosikirja 2021. URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-325-1>
- Valsta, L., Pohjola, J., Mononen, J., & Pingoud, K. 2005. Suomen metsät ja puutuotteet ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden hallinnassa. In J. Riikonen, & E. Vapaavuori (Eds.), *Ilmasto muuttuu - mukautuvatko metsät* (pp. 114-123). (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja; No. 944). Metsäntutkimuslaitos.
- Valsta, L., Ahtikoski, A., Horne, P., Karttunen, K., Kokko, K., Melkas, E., ... & Uusivuori, J. 2006. Puu ilmastonmuutoksen hillitsijänä. Tutkimusraportteja – Reports 39. Helsingin yliopisto, metsäekonomian laitos. Yliopistopaino, Helsinki. 59 s.
- Valtioneuvosto. Valtioneuvoston asetus ympäristökorvauksesta 235/2015
Varpula, V. 2020. Biohiilen mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen kompensoinnissa. Ympäristötekniikan kandidaatintutkielma, Lappeenrannan teknillinen yliopisto
- Venäläinen, A., Luhtala, S., Laapas, M., Hyvärinen, O., Gregow, H., Strahlendorff, M., Peltoniemi, M., Suvanto, S., Nevalainen, S., Peltola, H., Leskinen, L., Ala-Honkola, H., Niskanen, Y., Poikela, A., Maidell, M., Horne, P. & Ruuskanen, O.-P. 2021. Sää- ja ilmastotiedot sekä uudet palvelut auttavat metsäbiotaloutta sopeutumaan ilmastonmuutokseen. *Raportteja-Rapporter-Reports 2021:1*. Ilmatieteen laitos. 52 s.
- Verohallinto. 2021. Varojen arvostaminen perintö- ja lahjaverotuksessa. [Verkkosivu]. Viitattu: 14.10.2021: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/47834/varojen-arvostaminen-perint%C3%B6--ja-lahjaverotuksessa4/>
- VM. 2020. Valtion talousarvioesitykset. Valtionapu Suomen metsäkeskukselle. <https://budjetti.vm.fi/indox/sisalto.jsp?year=2020&lang=fi&maindoc=/2020/tae/hallituksenEsitys/hallituksenEsitys.xml&id=/2020/tae/hallituksenEsitys/YksityiskohtaisetPerustelut/30/40/46/46.html>
- Väätäinen, K., Sikanen, L. & Asikainen, A. 2000. Rakeistetun puutuhkan metsään palautuksen logistiikka. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 116
- Väätäinen, K., Sirparanta, E., Räisänen, M. & Tahvanainen, T. 2011. The costs and profitability of using granulated wood ash as a forest fertilizer in drained peatland forests. *Biomass and Bioenergy* 34: 3335– 3341.

Wang, J., Xiong, Z., & Kuzyakov, Y. (2016). Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. *Gcb Bioenergy*, 8(3), 512-523.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12266>

Yli-Viikari, A. & Aakkula, J. 2017. Maaseutuohjelman ympäristöarviointi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Luonnonvarakeskus.

Wejberg. 2020. Metsitystuen mahdollisuudet ilmastopolitiikassa. Taloustieteen Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. ja Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisu. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf

Äijö, H., Paasonen-Kivekäs, M. ja Peltomaa, R. 2009. MAASEUTUVERKOSTON ESITE: Säätosalaajitus. <https://docplayer.fi/3427974-Maaseutuverkoston-esite-saatosalaajitus-saatosalaajitus.html>

Liitteet

LIITE 1: Laskelmassa huomioidut kustannukset

1. Maan arvon muutokset

- Kohdistuu maanomistajalle
- Voi olla kustannus tai tuotto riippuen lisääkö vai vähentääkö ilmastotoimi maan arvoa
- Laskettu vertaamalla maan arvoa ennen toimenpiteen toteuttamista ja sen jälkeen
- Maan arvo määritelty toteutuneiden maakauppojen hintojen perusteella (Verohallinto: perintö- ja lahjaverotuksessa käytetyt maan arvon arviot)
- Laskennassa tehty oletuksia toimien toteuttamisen sijainnista sekä toimien kohteena olevan maan arvon suhteesta keskimääräiseen maan arvoon

2. Viljelytulojen tai puuntuotannon tulojen muutokset

- Kohdistuu maanomistajalle: viljelijälle tai metsänomistajalle
- Voi olla kustannus tai tuotto riippuen lisääkö vai vähentääkö ilmastotoimi tuloja
- Laskettu vertaamalla tuotannon katetuottoja ennen toimenpiteen toteuttamista ja sen jälkeen
- Laskennassa tehty oletuksia edustavista viljelykasveista (kaura, ohra, nurmi, ruokohelpi) ja tuista (oletuksena nykyinen tukijärjestelmä)
- Laskennan tietoina käytetty viljelytulojen osalta katetuottolaskelmia (Maanmittauslaitos 2021)

3. Julkisten menojen muutokset

- Kohdistuu julkiselle sektorille
- Arvioitu vaikutuksena nykyisiin tukimеноihin ilmastotoimen toteuttamisesta, voi jälleen olla menoja lisäävä (turvepellon metsitys) tai vähentävä (raivauksen rajoitustoimet)
- Arvioitu nykyisten tukien kontekstissa, vireillä olevia mahdollisia tukimuutoksia tai esitettyjä ohjaustoimia ei ole huomioitu laskelmassa

4. Investointi-/ toteuttamiskustannukset

- Kohdistuu yksityiselle sektorille (julkisen sektorin tukien osuudet huomioitu kohdassa 3)
- Kustannuksia (lukuun ottamatta pellonraivausinvestoinnin säästämistä pellonraivauksen rajoittamistoimissa)
- Esim. säätösalaajitusinvestointi, ennallistamisinvestointi, metsitysinvestointi, toimiin liittyvät hoitokustannukset, kerääjäkasvien käyttö viljelyn yhteydessä, tuhkalannoitus

LIITE 2: Päästökertoimet

Kertoimet ovat samoja kuin päästöinventaarissa (IPCC 2014; Maljanen ym. 2010; Statistics Finland 2021) ja ILMAVA-raportissa (Lehtonen ym. 2021) käytetyt. Kivennäispeltojen osalta kertoimista ei ole tietoa erikseen monivuotisille ja yksivuotisille, mutta sen arviona on käytetty Wejbergin (2020) pro gradu -tutkielmassa käyttämää kerrointa.

| Maankäyttömuoto turvemaalla | Päästökerroin t CO₂-ekv. |
|--|--|
| Viljelysmaa, yksivuotinen (IPCC 2013) | 35,1 |
| Viljelysmaa, monivuotinen (IPCC, 2013) | 25,3 |
| Ruohikkoalue (hylätty pelto) (Maljanen ym. 2010) | 15,5 |
| Metsä < 20 v | 18 |
| Metsä >20 v | 3 |
| Nurmi vt. -30 cm | 14,9 |
| Vetetty, kosteikkoviljely | 2,8 |
| Ojitettu suometsä, vähäravinteinen | -1,42 |
| Ojitettu suometsä, ravinnerikas | 4,83 |
| Ennallistettu suo, vähäravinteinen | 0,66 |
| Ennallistettu suo, ravinnerikas | 0,19 |
| Suo, ka | 0,4 |
| Kivennäismaapelto | 0,22 |

LIITE 3: Maatalousmaan jakautuminen Suomessa

Taulukko 1: Suomen maatalousmaiden pinta-alat (1000 ha) maaperän tyyppin ja pellonkäyttömuodon perusteella jaoteltuna, pyöristetty 100 ha:n tarkkuudella

| | Kivennäismaat | | | Turvemaa | | |
|-----------------------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|
| | Yksivuotiset | Monivuotiset | Ruohikot | Yksivuotiset | Monivuotiset | Ruohikot |
| 2015 | 1356,5 | 874,6 | 171,1 | 104,6 | 154,3 | 66,9 |
| 2016 | 1328,5 | 903 | 173,1 | 101,9 | 158,6 | 66,9 |
| 2017 | 1305,5 | 925,9 | 174,1 | 98,1 | 163,5 | 66,9 |
| 2018 | 1266,2 | 966,2 | 177,1 | 94,5 | 168 | 66,9 |
| ka 4 vuotta | 1314,2 | 917,5 | 173,8 | 99,8 | 161,1 | 66,9 |
| Osuus maatalousmaista | 0,48 | 0,34 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,02 |
| Osuus viljelysmaista | 0,53 | 0,37 | 0 | 0,04 | 0,06 | 0 |
| Epävarmuus | 0,042 | 0,042 | 0,088 | 0,042 | 0,042 | 0,088 |

Lähteet: Kansallinen päästöinventaariraportti kokonaispinta-alojen ja turvemaiden jakauman osalta (Statistics Finland 2021); Luonnonvarakeskuksen julkaisema Käytössä oleva maatalousmaa -tilaston avulla sama jaottelu kivennäismaalle (SVT, Luonnonvarakeskus 2021).

Taulukko 2: Suomen turvemaa-alueiden pinta-alat jaettuna pellonkäyttömuotojen, turvepeitteen paksuuden ja viljelyn intensiivisyyden perusteella (t ha), pyöristetty 100 hehtaarin tarkkuudella

| Viljelyn aktiivisuus | Viljelymuoto | Turvetyyppi | ka 4 vuotta (2015-2018) | | |
|----------------------|--------------|-------------|-------------------------|----------|------|
| | | | NIR 2016 | NIR 2018 | |
| Aktiivinen | yksivuotinen | ohut | 32,5 | 32,8 | 32,6 |
| Aktiivinen | yksivuotinen | paksu | 54,0 | 54,4 | 54,1 |
| Aktiivinen | monivuotinen | ohut | 52,5 | 52,9 | 52,6 |

| | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Aktiivinen | monivuotinen | paksu | 87,2 | 87,9 | 87,3 |
| Laajaperäinen | | ohut | 9,2 | 9,3 | 9,2 |
| Laajaperäinen | | paksu | 25,1 | 25,3 | 25,1 |
| Yhteensä | kaikki | ohut | 94,2 | 95 | 94,4 |
| Yhteensä | kaikki | paksu | 166,3 | 167,6 | 166,5 |
| Yhteensä | kaikki | kaikki | 260,4 | 262,5 | 260,9 |

Lähteet: Pinta-alatiedot Kansallisesta päästöinventaariraportista (Statistics Finland 2021); Turvemaiden suhteellinen jakauma aktiiviviljeltyihin ja laajaperäisesti viljeltyihin sekä paksuun ja ohueen turvepeitteeseen (Kekkonen ym. 2019)

Taulukko 3: Peltomaan jakautuminen alueellisesti Suomessa

| Maakunta | Osuus turvemaista | Osuus kivennäismaista |
|-----------------|-------------------|-----------------------|
| Uusimaa | 0,02 | 0,09 |
| Varsinasi-Suomi | 0,02 | 0,14 |
| Satakunta | 0,05 | 0,06 |
| Häme | 0,04 | 0,09 |
| Pirkanmaa | 0,04 | 0,08 |
| Kaakkois-Suomi | 0,04 | 0,06 |
| Etelä-Savo | 0,02 | 0,03 |
| Pohjois-Savo | 0,06 | 0,07 |
| Pohjois-Karjala | 0,04 | 0,04 |
| Keski-Suomi | 0,03 | 0,04 |
| Etelä-Pohjanmaa | 0,17 | 0,11 |

| | | |
|-------------------|------|------|
| Pohjanmaa | 0,11 | 0,08 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 0,26 | 0,09 |
| Kainuu | 0,03 | 0,01 |
| Lappi | 0,06 | 0,01 |

Lähteet: Kekkonen ym. (2019) turvemaiden osalta, SVT: Käytössä oleva maatalousmaa (2021) kivennäismaiden osalta

LIITE 4: Tuet ja katetuottolaskelmat

Laskelmassa käytetyt maataloustukitasot ja katetuotot on arvioitu Maanmittaus-laitoksen vuoden 2021 katetuottolaskelmista kauralle (yksivuotinen vilja turvemaidella), säilörehunurmelle (monivuotinen nurmi) ja ruokohelvelle (kosteikkoviljely).

Kauran katetuottolaskelma 2021:

<https://ak.maanmittauslaitos.fi/2021/katetuotto-kaura>

Ruokohelven katetuottolaskelma 2021:

<https://ak.maanmittauslaitos.fi/2021/katetuotto-ruokohelpi>

Säilörehunurmen katetuottolaskelma:

<https://ak.maanmittauslaitos.fi/2021/katetuotto-sailorehu>

Liite 5: MISU-toimenpiteet 25.3.2022

Liitteessä on esitetty Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman mukaiset toimet, jotka ovat listattuna 25.3.2022 päivytyssä suunnitelmaluonnoksessa. Toimet on jaoteltu tavoitteiden mukaisesti 11 teeman alle (A-K). Kukin teema sisältää 1–7 ilmastotoimenpidettä tavoitepinta-aloineen ja aikatauluineen.

Tässä liitteessä arvioimme tätä kokonaisuutta käyttäen soveltaen tämän raportin luvussa 4 (WAM) ja 5 (HYPERHIILI-toimenpiteet) arvioituja ilmastotoimenpiteitä, jotka ovat osittain päällekkäisiä suunnitelmaluonnoksen toimenpiteiden kanssa.

Suunnitelmaluonnoksen toimenpiteet täydentävät tässä raportissa arvioitujen WAM ja Hyperhiili -toimenpiteiden valikoimaa, mutta ovat varsinaisten maankäytössä tehtävien toimenpiteiden osalta pääosin samoja. Näiden lisäksi suun-

nitelmaluonnos sisältää ohjaukseen, kiinteistörakenteen kehittämiseen, suunnitteluun ja tutkimukseen liittyviä toimenpiteitä, jotka tukevat varsinaisten maankäyttötoimenpiteiden toteuttamista.

A Metsähallituksen ilmastotoimet

A1 Metsähallituksen omistajapoliittiset linjaukset

Toimenpide kohdistuu valtion metsiin ja ohjauskeinona on Metsähallitukseen kohdistuva valtion omistajapolitiikka. Tavoitteena on lisätä seuraavien ilmastotoimenpiteiden tai samankaltaisten toimien käyttöä Metsähallituksen metsissä:

- 4.1 Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta
- 4.2 Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta
- 4.3 Tehdään rehevien korpien harvennusosalasta 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- 4.4 Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä
- 5.1 Lisätään lahopuun hiilivarastoa talousmetsissä
- 5.2 Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa
- 5.3 Parannetaan metsätuhoriskien arviointia ja hallintaa
- 5.4 Pidentetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmastovaikeus 2) kohteilla joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus))

Ilmastovaikutukset perustuvat Metsähallitukselle annettuun tavoitteeseen kasvattaa suunnitelmakaudella tehtävillä toimenpiteillä hiilinielua vähintään kymmenellä prosentilla ennen vuotta 2035 ja siten ilmastotavoitteen toteutumista voidaan pitää todennäköisenä.

B Metsäkadon ehkäisy

B1 Ehkäistään metsän muuttumista pelloiksi (CAP-toimenpide, EU:n metsäkatolainsäädäntö)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.5 Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta
- 4.6 Vähennetään kivennäismaapellon raivausta
- Toimenpiteiden tavoitepinta-alat ovat alhaisemmat kuin tämän raportin arvioinnissa, minkä johdosta ilmastovaikutukset jäävät myös pienemmiksi.

B1.1 Peltojen kiinteistörakenteen kehittäminen

Toimenpide ei sisälly tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Ilmastovaikutukset ovat arvioitu saavutettavan vain vähenevien tieliikenteen päästöjen kautta. Nämä päästövähennykset kohdistuvat taakanjakosektorille. Lisäksi päästövähennykset vaikuttavat arvioidun varsin suuriksi suhteessa toteutus pinta-alaan.

B2 Metsänraivaus rakennetuksi maaksi

Toimenpide ei sisälly tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Kuitenkin tässä raportissa arvioitujen metsänraivauksen rajoittamiseen liittyvien ilmastotoimenpiteiden arvioinnit:

- 4.5 Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta
- 4.6 Vähennetään kivennäismaapellon raivausta

kuvastavat tätäkin toimenpidettä, koska raivauksen perimmäinen syy on maankäytön muutoksen myötä saatava taloudellinen hyöty. Informaatio-ohjauksen lisäksi taloudellisten ohjaukeinojen käyttö olisi suotavaa, jolloin muodostuisi hinta maankäytön muutokselle raivaamisen myötä.

B3 Maankäytönmuutosmaksu kaikelle maankäytölle tai raivauksen luvanvaraisuus

Toimenpide ei sisälly tässä täsmällisesti raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Kuitenkin tässä raportissa arvioitujen metsänraivauksen rajoittamiseen liittyvien ilmastotoimenpiteiden arvioinnit:

- 4.5 Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta
- 4.6 Vähennetään kivennäismaapellon raivausta

kuvastavat tätäkin toimenpidettä, koska raivauksen perimmäinen syy on maankäytön muutoksen myötä saatava taloudellinen hyöty. Toimenpiteellä voidaan muodostaa maankäytön muutokselle hinta raivauksessa ja siten vähentää raivausta tai pienentää raivausaloja.

C Joutoalueiden ja heikkotuottoisten peltojen metsitys

C1 Joutoalueiden määräaikainen metsitystuki

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.7 Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä
- 4.8 Lisätään hylätyn kivennäismaan ("joutoalue") pellon metsitystä

Toimenpiteiden tavoitepinta-alaa ei ole jaettu kivennäismaiden ja turvemaiden kesken. Tämän raportin arvioinnissa näiden toimenpiteiden yhteispinta-ala on hieman pienempi 38 200 ha vuonna 2035.

C2 Heikkotuottoisten metsitykseen soveltuvien peltojen metsitys

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.9 Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot)
- 4.10 Lisätään kivennäismaapellon metsitystä

Toimenpiteiden tavoite pinta-alaa ei ole jaettu kivennäismaiden ja turvemaiden kesken. Tämän raportin arvioinnissa näiden toimenpiteiden yhteispinta-ala on 23 500 ha vuonna 2035.

D Turvemaiden ilmastokestävä käyttö

D1 Pohjaveden pinnan nostaminen turvepelloilla (CAP-toimenpide)

D1 A) Turvemaan nurmiviljely korotetulla pohjaveden pinnalla - 30 cm (CAP-mahdollistaa kosteaviljelyn, HERO-toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.14 Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla.

WAM-skenaariota mukaillen toimenpiteen pinta-alan oletettiin olevan raportissa 32 500 hehtaaria vuoteen 2035 mennessä eli 2500 hehtaaria vähemmän kuin esitetty tavoiteala. Toimenpiteen keskimääräistä ilmastovaikutusta laskettaessa oletettiin pellon viljelyhistorian mukailevan turvemaapellojen viljelyn todellista jakaumaa siten, että 38 prosenttia alasta on ollut aiemmin yksivuotisten viljelyssä ja 62 prosenttia monivuotisten viljelyssä (Kekkonen ym. 2019).

D1 B) Turvemaan kosteikkoviljely (ruokohelppi, järviruoko tms.) - 30 cm vedenpinnalla (CAP-mahdollistaa kosteaviljelyn, HERO-toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelppi, järviruoko)

Raportissa arvioitu toimenpide 4.15 voidaan rinnastaa lähimmäksi kyseessä olevaa toimenpidettä, kuitenkin sillä erotuksella, että raportissa vedenpinnan korkeudeksi oletettiin -5 — -10 cm. Vedenpinnan korkeus vaikuttaa käytettävän päästökertoimen suuruuteen ja siten toimenpiteen ilmastovaikutukseen. WAM-skenaariota mukaillen toimenpiteen pinta-alaksi oletettiin raportissa 10 200 hehtaaria vuoteen 2035 mennessä eli 4800 hehtaaria vähemmän kuin esitetystä HERO tavoitteessa. Toimenpiteen keskimääräistä ilmastovaikutusta laskettaessa oletettiin pellon viljelyhistorian mukailevan turvemaapeltojen viljelyn todellista jakaumaa siten, että 38 prosenttia alasta on ollut aiemmin yksivuotisten viljelyssä ja 62 prosenttia monivuotisten viljelyssä (Kekkonen ym. 2019).

D1 C) Turvemaan märkäviljely (osmankäämi, kihokki tms.) -5— -10 cm vedenpinnalla (CAP mahdollistaa kokeiluja, HERO-toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko)

Turvemaan kosteikkoviljelyn lisäämisen yhteydessä raportissa oletettiin vedenpinnan korkeudeksi -5 — -10 cm. WAM-skenaariota mukaillen toimenpiteen pinta-alan oletettiin raportissa olevan 5900 hehtaaria vuoteen 2030 eli 3400 hehtaaria enemmän kuin esitetty tavoiteala. Vuoteen 2035 WAM-skenaarioita mukaillen kosteikkoviljelyssä oletettiin olevan 10 200 hehtaaria, joka on lähes kaksinkertainen määrä esitettyyn tavoitealaan nähden. Toimenpiteen keskimääräistä ilmastovaikutusta laskettaessa oletettiin pellon viljelyhistorian mukailevan turvemaapeltojen viljelyn todellista jakaumaa siten, että 38 prosenttia alasta on ollut aiemmin yksivuotisten viljelyssä ja 62 prosenttia monivuotisten viljelyssä (Kekkonen ym. 2019).

D1 D) Vetetään huonotuottoisia, paksuturpeisia peltoja ja suonpohjia kosteikoiksi (uusi toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvempeltoja ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5— -10 cm)
- 4.12 Siirretään heikkotuottoisia turvempeltoja vesiensuojelukosteikoksi

Raportissa arvioidut toimenpiteet 4.11 ja 4.12 voidaan rinnastaa lähimmäksi kyseessä olevaa toimenpidettä. Kuitenkin näiden toimenpiteiden yhteenlaskettu pinta-ala vuonna 2035 arvioitiin raportissa olevan 7330 hehtaaria, sillä WAM-skenaariossa turvemaapeltoa oletettiin siirtyvän vesiensuojelukosteikoksi vain noin 10 hehtaaria vuodessa. Raportissa arviona käytetty pinta-ala on noin 22 700 hehtaaria vähemmän kuin esitetty 30 000 hehtaaria.

D2 Turvepellon ilmastokosteikko (CAP-toimenpide, KAISU-toimenpide(?), HERO-toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoiksi (vedenpinta -5 – -10 cm)

WAM-skenaariota mukaillen toimenpiteen pinta-alan oletettiin MISU--arvoinnissa olevan 7 200 hehtaaria vuoteen 2035 mennessä, joka vastaa KAISU:n pinta-alatavoitetta.

D3 Turvepeltojen nurmet (HERO-toimenpide, CAP- toimenpide)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla

WAM-skenaariota mukaillen toimenpiteen pinta-alan oletettiin raportissa olevan 20 000 hehtaaria vuodessa, joka on HERO tavoitetta puolet pienempi. Oletettu pieni vuotuinen ala johtui vaatimuksesta, että pellon on pitänyt olla ainakin edeltävä vuosi yksivuotisen kasvin viljelyssä.

D4 Laaditaan turvepeltojen käytön tiekartta

Toimenpide ei sisälly tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Toimenpiteellä kuitenkin pyritään mahdollistamaan seuraavien tässä raportissa arvioitujen toimenpiteiden käyttöä pitkällä aikavälillä:

- 4.7 Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä
- 4.9 Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot)

- 4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoiksi (vedenpinta -5 – -10 cm)
- 4.12 Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)
- 4.14 Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla
- 4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko)
- 4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla

E Suometsien ilmastokestävä hoito ja käyttö

E1 Kokonaisvaltainen suometsänhoidon suunnittelu (kunnostusojituksen välttäminen)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.4. Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä

Toimenpiteen pinta-alatavoite on sama kuin tämän raportin arvioinnissa, minkä johdosta ilmastovaikutus on arvioitu samansuuruiseksi.

E2 Kokonaisvaltaisen suometsähoidon suunnittelu (peitteinen metsänkasvatus rehevissä korvissa)

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusalasta 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvaan kasvatukseen

Toimenpiteen pinta-alatavoite on sama kuin tämän raportin arvioinnissa, joka on WAM-skenaarion mukainen pinta-ala. Raportissa tarkasteltiin WAM-skenaariosta poiketen siirtymistä jatkuvaan kasvatukseen yläharvennuksen jälkeen. Toimenpiteeseen liittyvien epävarmuuksien vuoksi sen ilmastovaikutusta ei voitu raportissa laskea.

E3 Edistetään suometsien tuhkalannoitusta

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.1 Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta

Raportissa pitkän aikavälin suometsien tuhkalannoituspotentiaalin on oletettu olevan keskimäärin 100 000 hehtaaria vuodessa, sillä WAM-skenaariossa turve- ja kivennäismaiden lannoitus oli yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa. Tästä määrästä osoitettiin turvemaille 100 000 hehtaaria ja kivennäismaille 50 000 hehtaaria. On kuitenkin arvioitu, että puutuhkaa riittäisi jopa 200 000 hehtaarin lannoitukseen vuodessa (Lehtonen ym. 2021). Pinta-alan arvioitiin siis raportissa olevan huomattavasti suurempi kuin esitetty 37 000 hehtaaria vuodessa. Raportissa suurempi tuhkalannoituspotentiaali johti myös suurempiin saavutettaviin ilmastohyötyihin.

F Valuma-aluesuunnittelu

F1 Tuotetaan valuma-alueen suunnittelun työvälineet ja edistetään niiden käyttöön ottoa

Toimenpide ei sisälly suoraan tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Toimenpiteellä kuitenkin pyritään mahdollistamaan seuraavien tässä raportissa arvioitujen toimenpiteiden käyttöä pitkällä aikavälillä:

- 4.1 Lisätään turvemetsien tuhkalannoitusta
- 4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusalasta 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- 4.4 Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusojitusta rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä
- 4.5 Vähennetään merkittävästi turvepellon raivausta
- 4.7 Lisätään hylätyn turvepellon ("joutoalue") metsitystä
- 4.9 Lisätään turvepellon metsitystä (huonosti tuottavat pellot)
- 4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoiksi (vedenpinta -5 – -10 cm)
- 4.12 Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)
- 4.14 Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla
- 4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelvi, järviruoko)
- 4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla

G Edistetään hiilen sidonnan ja varastoinnin markkinoita sekä kannustimia

Toimenpide ei sisälly suoraan tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Toimenpiteellä pyritään lisäämään markkinaehtoisesti maankäyttösektoreiden ilmastotoimien toteutusta. Hiilimarkkinakelpoisuuden

vaatimuksena on yleensä toimenpiteiden hiilensidonnan lisääisyys.

Toimenpiteet, joiden toteuttamiseen saa julkista tukea eivät täytä tätä ehtoa. Julkinen tuki kohdistuu kuitenkin vain yksityismaille, joten esimerkiksi kunnissa jonkin toimenpiteen käyttö kompensatiorahankkeessa on mahdollista. Tässä raportissa on arvioitu seuraavia yksityismaille sopivia kompensatiorahankkeita sopivia ilmastotoimia, jolle ei makseta toteutukseen julkista tukea tai osa mahdollisesta potentiaalista on tuen ulkopuolella ja siten ne olisivat mahdollisia markkinaehtoisia ilmastotoimenpiteitä:

- 4.2 Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta
- 4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusala 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- 4.4 Harvennushakkuiden yhteydessä ei tehdä kunnostusohjelmia rehevissä korvissa eikä karuilla rämeillä
- 4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla
- 5.1 Lisätään lahoppuun hiilivarastoa talousmetsissä
- 5.2 Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa
- 5.4 Pidentetään kiertoaikaa kohdennetusti joillakin kohteilla (1) kohteilla joissa monimuotoisuuden lisäksi arvioidaan olevan merkittävä ilmastovaikutus 2) kohteilla joilla suuri vaikutus hiilivarastoon ja -sidontaan (vanhat metsät + maaperävaikutus))
- 5.5 Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä
- 5.6 Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)
- 5.7 Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut)

H Hiilestä kiinni -tutkimus- ja innovaatio-ohjelma

Toimenpide ei sisälly suoraan tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Tutkimuksen, kokeilujen ja informaation jalkauttamisen tarvetta esiintyi tässä raportissa erityisesti seuraavien ilmastotoimien kohdalla:

- 4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusala 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- 4.11 Siirretään/tehdään heikkotuottoisia turvepeltoja ilmastokosteikoiksi (vedenpinta -5 – -10 cm)
- 4.12 Siirretään heikkotuottoisia turvepeltoja vesiensuojelukosteikoksi (maatalouden kosteikot)
- 4.14 Lisätään turvemaan nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla
- 4.15 Lisätään turvemaan kosteikkoviljelyä (ruokohelpi, järviruoko)
- 4.18 Lisätään nurmien viljelyä turvepelloilla
- 5.2 Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa
- 5.3 Parannetaan metsätuho-riskien arviointia ja hallintaa

- 5.5 Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä
- 5.6 Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)

I Kokeilut ja jalkauttaminen (Hiilestä kiinni –kehittämishankkeet)

Toimenpide ei sisälly suoraan tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Tutkimuksen, kokeilujen ja informaation jalkauttamisen tarvetta esiintyi tässä raportissa erityisesti seuraavien ilmastotoimien kohdalla:

- 4.3 Tehdään rehevien korprien harvennusalaista 30 % yläharvennustyyppisinä, jonka jälkeen siirtyminen jatkuvapeitteiseen kasvatukseen
- 5.2 Siirrytään maltillisesti jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen myös muilla kasvupaikoilla kuin rehevissä korvissa
- 5.3 Parannetaan metsätuhoriskien arviointia ja hallintaa
- 5.5 Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä
- 5.6 Kasvatusmetsien kasvattaminen tiheämpänä (harvennusvoimakkuuksiin vaikuttaminen)

J Muut hiilensidontaa ja -varastointia edistävät toimenpiteet

J1 Edistetään peltojen hiilen sidontaa ja hiilivarastoja (CAP-toimenpiteet)

Toimenpide ei sisälly tässä raportissa täsmällisesti arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Kuitenkin raportissa on arvioitu seuraavia peltojen hiilen sidonnan ja varastojen edistämiseen liittyviä ilmastotoimenpiteitä:

- 4.16 Lisätään kerääjäkasvien käyttöä
- 4.17 Lisätään maanparannus- ja saneerauskasveja
- 4.19 Lisätään viherlannoitusnurmien viljelyä
- 4.20 Lisätään biokaasunurmien viljelyä
- 5.7 Lisätään maltillisesti eloperäisten maanparannusaineiden käyttöä maatalousmaan maaperän hiilivaraston kasvattamiseksi (kuten komposti, biohiili ja maanparannuskuidut)

J2 Edistetään kivennäismaametsien lannoitusta

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 4.2 Lisätään kangasmetsien kasvatuslannoitusta

Kasvatuslannoituksia tehtiin Suomessa vuonna 2019 noin 46 000 hehtaarilla (SVT, Metsänhoito- ja metsänparannustyöt). Raportissa kivennäismaiden lannoituspinta-alan on oletettu olevan keskimäärin 50 000 hehtaaria vuodessa, sillä WAM-skenaariossa turve- ja kivennäismaiden lannoitus oli yhteensä 150 000 hehtaaria vuodessa. Tästä määrästä osoitettiin kivennäismaalle 50 000 hehtaaria ja turvemaille 100 000 hehtaaria. Pinta-ala tarkoittaa siis

lannoituksen lisäämistä 50 000 hehtaarilla verrattuna nykytasoon. Tällä lisäyksellä ilmastohyötyjen on arvioitu olevan noin 1,3 milj. t CO₂ ekv/v vuonna 2035, jolloin kasvatuslannoitusta on lisätty 500 000 hehtaaria. Tämä tarkoittaa, että esitetyllä 27 000 hehtaarin vuosittaisella lisäyksellä ei saavuteta saman suuruista ilmastohyötyä.

J3 Edistetään metsien nopeaa ja tehokasta uudistumista

Toimenpide ei sisälly tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Nopeampi uudistaminen nopeuttaa myös hiilinielujen aikaansaamista ja siten toimii ilmastotoimenpiteenä.

J4 Lisätään säästö- ja lahoppuun hiilivarastoa talousmetsiin monimuotoisuus- ja ilmastosyistä

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 5.1 Lisätään lahoppuun hiilivarastoa talousmetsissä

J5 Edistetään hiilivarastoja pitkäikäisissä puutuotteissa ja – rakenteissa

Tavoitteena on lisätä seuraavien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden käyttöä:

- 5.5 Lisätään pitkäikäisten puutuotteiden käyttöä

Ohjaus voi tapahtua myös kuluttajien käyttäytymisen ohjaamisella informaatio-ohjauksen kautta. Kun tarjotaan tietoa ilmastoystävällisemmistä vaihtoehtoista, tuupataan kuluttaja valitsemaan ilmaston kannalta parempia vaihtoehtoja. Informaatio-ohjaus voi tapahtua esimerkiksi tuotteille myönnettävien ympäristömerkkien kautta. (Itkonen, 2020).

On huomattava, että materiaalisubstituution ilmastovaikutuksia ei huomioida maankäyttösektorilla.

K Muut poikkileikkaavat toimenpiteet

- K1 Osaaminen, koulutus ja neuvonta
- K2 Viestintä ja vuorovaikutus
- K3 EU- ja kansainvälinen yhteistyö
- K4 Teknologian kehittäminen ja käyttöönotto
- K5 Paikallinen ja alueellinen yhteistyö

- K6 Kasvihuonekaasuinventaarion ja seurantajärjestelmän kehittäminen (Hiilestä kiinni -tieto-ohjelma)
- K7 Edelleen kehitettävät ja myöhemmin päätettävät toimenpiteet

Toimenpiteet K1-K7 eivät sisälly tässä raportissa arvioitaviin ilmastotoimenpiteisiin. Tähän kokonaisuuteen muut poikkileikkaavat toimenpiteet liittyvät maankäyttösektorin osaamisen, koulutuksen, neuvonnan, viestinnän, yhteistyön, kokemusten ja tiedon jalkauttamisen lisäämiseen. Näitä tarpeita esiintyi kaikkien tässä raportissa arvioitujen ilmastotoimenpiteiden yhteydessä.