



SUOMEN  
ILMASTOPANEELI  
The Finnish Climate  
Change Panel

---

HIILINEUTRAALIUS ILMASTOPOLITIIKASSA –  
VALTIOT, ALUEET JA KUNNAT

JYRI SEPPÄLÄ, LAURA SAIKKU, SAMPO SOIMAKALLIO, JOHANNES  
LOUNASHEIMO, KRISTIINA REGINA, MARKKU OLLIKAINEN

**Suomen ilmastopaneeli**  
**Raportti 5a/2019**

JYRI SEPPÄLÄ<sup>1</sup>, LAURA SAIKKU<sup>1</sup>, SAMPO SOIMAKALLIO<sup>1</sup>, JOHANNES LOUNASHEIMO<sup>1</sup>, KRISTIINA REGINA<sup>2</sup>, MARKKU OLLIKAINEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Suomen ympäristökeskus

<sup>2</sup>Luonnonvarakeskus

<sup>3</sup>Helsingin yliopisto

## ALKUSANAT

Suomen ilmastopaneeli on ilmastolain asettama tieteellinen elin, joka edistää tieteen ja politiikan välistä vuoropuhelua ilmastokysymyksissä. Ilmastopaneeli antaa suosituksia ilmastopoliittiseen päätöksentekoon ja vahvistaa monitieteellistä näkemystä eri sektoreiden toiminnasta ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. Paneelin tehtävänä on arvioida ilmastopolitiikan johdonmukaisuutta ja ilmastotoimien riittävyyttä. Tärkeä osa paneelin käytännön työtä on edistää ja käydä yhteiskunnallista keskustelua ilmastokysymyksistä.

Käsillä oleva raportti vastaa hiilineutraaliuden tavoittelun haasteeseen. Se kokoaa nykyiset näkemykset hiilineutraaliuden tavoittelusta valtion, alueiden ja kuntien tasolla kansallisesti ja kansainvälisesti. Raportti antaa tietopohjaa Suomen hiilineutraaliuden viralliselle määrittelylle. Käsitteen täsmällisyydellä on tärkeä rooli Suomen ilmastopolitiikan kunniahimon viestinnässä, ja sille kuinka alueet ja kunnat voivat omilla tavoitteillaan vaikuttaa kansallisen hiilineutraaliuden saavuttamiseen. Raportin toivotaan palvelevan myös yhteiskunnan eri osapuolten tietotarvetta ilmastonmuutoksen hillinnässä ja synnyttävän uusia aloitteita ja ratkaisuja hiilineutraaliuden tavoittelun alueella.

Ilmastopaneeli kiittää prosessiin osallistuneita tutkijoita, jotka ovat ratkaisevalla tavalla vaikuttaneet raportin lopputulokseen. Kiitokset ansaitsevat myös työpajaan osallistuneet muut asiantuntijat ja työhön kommentointikierroksella vaikuttaneet ministeriöiden virkamiehet.

Suomen ilmastopaneeli 10.9.2019

## Sisällys

<b>ALKUSANAT .....</b>	<b>3</b>
<b>KÄYTETYT KÄSITTEET .....</b>	<b>5</b>
<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELEMISEN LÄHTÖKOHDAT .....</b>	<b>7</b>
2.1. MÄÄRITELMÄ .....	7
2.2. YLEINEN LÄHESTYMISTAPA HIILINEUTRAALIUDEN SAAVUTTAMISEKSI .....	9
2.3. HIILINEUTRAALIUDEN RIITTÄVYYS ILMASTOPOLIITTISENA TAVOITTEENA .....	10
<b>3. VALTIOIDEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU .....</b>	<b>12</b>
3.1. SUOMI JA RUOTSI .....	12
3.2. MUUT MAAT .....	13
<b>4. ALUEIDEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU .....</b>	<b>14</b>
4.1. SUOMI .....	14
4.2. ULKOMAAT .....	14
<b>5. KUNTIEN JA KAUPUNKIEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU .....</b>	<b>14</b>
5.1. SUOMEN KUNNAT JA KAUPUNGIT .....	14
5.2. KAUPUNGIT ULKOMAILLA .....	15
<b>6. PÄÄSTÖT JA NIELUT HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELUSSA .....</b>	<b>15</b>
6.1. PÄÄSTÖJEN JA NIELUJEN KOHDENTUMISESTA .....	15
6.2. PUUNKÄYTÖN VAIKUTUKSET .....	17
6.3. LULUCF-SEKTORIN NETTONIELUN KASVATTAMINEN .....	18
6.4. HIILIJALANJÄLKI JA –KÄDENJÄLKI .....	20
<b>7. KOMPENSAATIOIDEN HYVÄKSYTTÄVYYDESTÄ .....</b>	<b>21</b>
7.1. YLEINEN LÄHTÖKOHTA .....	21
7.2. EU:N PÄÄSTÖKAUPPAJÄRJESTELMÄN PÄÄSTÖOIKEUSYKSIKÖT .....	21
7.3. VAPAAEHTOISTEN KOMPENSAATIOMARKKINOIDEN PÄÄSTÖVÄHENNYSYKSIKÖT ULKOMAILLA .....	22
7.4. PÄÄSTÖJEN KOMPENSOINTI KOTIMAISILLA VAPAAEHTOISILLA PÄÄSTÖVÄHENNYSYKSIKÖILLÄ .....	23
7.4.1 <i>Lähtökohdat</i> .....	23
7.4.2 METSIEN HIILIKREDIITIT .....	24
7.4.3 PELTOMAAN JA SOIDEN HIILIKREDIITIT .....	25
7.4.4 MUUT PÄÄSTÖJEN KOMPENSOINNIN KEINOT .....	27
<b>8. YHTEENVETO JA JATKOSUOSITUKSET .....</b>	<b>28</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>30</b>
<b>LIITE 1. ALUEIDEN JA KUNTIEN HIILINEUTRAALIUSTAVOITTEET .....</b>	<b>33</b>
<b>LIITE 2. KUNTIEN JA ALUEIDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN LASKENNAN PERIAATTEET .....</b>	<b>39</b>
<b>LIITE 3. HIILIKREDIITIT METSÄHANKKEISTA – KÄYTTÖ JA KOKEMUKSET KALIFORNIAN PÄÄSTÖKAUPPAJÄRJESTELMÄSTÄ .....</b>	<b>46</b>

## KÄYTETYT KÄSITTEET

*Alue.* Kahden tai useamman kunnan muodostama maantieteellisesti rajattu alue. Alue voi olla esimerkiksi maakunta tai kaupunkiseutukunta.

*Alueperusteinen päästöjen arviointi.* Arvioidaan kunnan tai alueen rajojen sisäpuolella olevien päästölähteiden kasvihuonekaasupäästöt.

BECCS (Bio-Energy Carbon Capture and Storage). Bioenergian käytöstä vapautuvan hiilidioksidin talteenotto ja varastointi.

DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage). Hiilen suora talteenotto ilmakehästä ja sen varastointi.

*Kompensaatio.* Jokin toimija hankkii oman toiminta-alueensa ulkopuolelta päästövähennysyksiköitä, joilla hyvitetään toimijan jäljelle jääneet kasvihuonekaasupäästöt

*Käyttöperusteinen päästöjen arviointi.* Päästöjen arvioinnissa lasketaan kunnan tai alueen päästökseen myös kunnan tai alueen käyttämän energian päästöt, jotka syntyvät alueen ulkopuolella. Samoin lasketaan alueen synnyttämien jätteiden päästöt alueen ulkopuolella.

LULUCF (Land use, land use change and forestry). Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous –sektori kasvihuonekaasupäästöjen ja nielujen laskennassa.

*LULUCF-päästöt.* LULUCF-sektorissa seurattavat kasvihuonekaasupäästöt ja nielut, joita ei seura kasvihuonekaasuinventaarion energian käytön ja tuotannon, teollisuusprosessien, tuotteiden käytön, jätteiden käsittelyn ja maatalouden (dityppioksidi, metaani) osissa.

*Metsien vertailutaso.* EU:n ns. LULUCF-asetuksessa määritelty kussakin jäsenvaltiossa säilytettävä hoidetun metsämaan nettopäästö- tai poistumataso kausina 2021–2025 ja 2026–2030. Se ilmaistaan tonneina hiilidioksidiekvivalenttia vuodessa,

*Nettonielu.* Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF) –sektorin päästöt ovat pienemmät kuin LULUCF-sektorin nielu vuodessa (tai erikseen määritellyllä aikajaksolla).

*Nielu.* Mikä tahansa prosessi, toiminta tai mekanismi, joka sitoo ilmakehästä kasvihuonekaasua, aerosolia tai kasvihuonekaasun esiastetta.

*Hiilijalanjälki.* Kuvaa jonkin tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamaa ilmastokuormaa eli sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy.

*Hiilikädenjälki.* Kuvaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä tietyn asiakkaan toiminnoissa, joka saadaan aikaan kun asiakas ottaa käyttöön ratkaisun, joka vähentää (hiilikädenjäljen verran) asiakkaan toiminnan päästöjä perustilanteeseen verrattuna.

*Hiilikrediitti.* Jonkin kompensatiojärjestelmän puitteissa myönnettävä päästövähennysyksikkö, joka edustaa 1 tCO<sub>2</sub>-ekv.:n suuruista hiilensidontaa.

*Hiilinielu.* Hiilivarasto kasvaa.

*Hiilivarasto.* Maanpäällisen ja –alaisen kuolleen ja elävän biomassan hiilimäärä.

*Perusura.* Kehitystilanne, johon vertaamalla pystytään määrittelemään laskennallinen arvio päästövähennyksen tai hiilivaraston muutoksesta ja sitä kautta päästövähennysyksiköstä ilman tiettyä toimenpidettä.

*Päästölähte.* Mikä tahansa prosessi, toiminta tai mekanismi, joka vapauttaa ilmakehään kasvihuonekaasua, aerosolia tai kasvihuonekaasun esiastetta.

*Päästövähennysyksikkö.* Mikä tahansa yhden hiilidioksidiekvivalenttitonnin (1 t CO<sub>2</sub>-ekv.) suuruista päästövähennystä edustava hyvin määritelty yksikkö, joilla voidaan päästöjen hyvitysmielessä käydä kauppaa tai niistä voi saada yksikköhinnan tai tuen.

*Poistuma.* Nieluilla ilmakehästä poistetut kasvihuonekaasut

*Säteilypakote.* Kuvaa energiaepätasapainoa, jonka erilaiset ilmasto muuttavat tekijät aiheuttavat ilmastojärjestelmässä.

*Tuotantoperusteinen päästöjen arviointi* = alueperusteinen päästöjen arviointi.

## 1. JOHDANTO

Syksyllä 2018 ilmestynyt hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin 1,5-asteen raportin (IPCC 2018) sanoma tavoitti hyvin yhteiskunnan kaikki osapuolet päättäjistä kansalaisiin. Sen seurauksena Suomessa eri osapuolet – valtio, alueet, kunnat, yritykset, yhteisöt ja kansalaiset – ovat halunneet yhä kunniahimoisemmin toimia ilmastomuutoksen hillinnän eteen. Erityisesti Suomen valtion hiilineutraalisuuden tavoitevuotta on haluttu aikaistaa monien puolueiden ja kansalaisjärjestöjen toimesta. Kunnat ovat nostaneet päästöjen vähentämisen kunniahimoa ja yhä useampi kunta on valmis asettamaan itselleen hiilineutraalisuuden tavoitteen hyvissä ajoin ennen 2050. Yhä useampi maakunta ja kaupunkiseutu ovat myös asettaneet hiilineutraaliuden saavuttamiselle selkeän edelläkävijyyttä osoittavan tavoitevuoden.

Hiilineutraalius sanaa on käytetty Suomessa pitkään eri tahojen ilmastomuutoksen hillinnän tavoitetilana. Hiilineutraaliudesta puhutaan yleisesti tilana, jossa yksilön, tuotteen, palvelun, organisaation, kunnan, alueen, valtion tai valtioiden liiton aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat ilmastomuutoksen näkökulmasta haitattomalla tasolla. Tästä huolimatta eri tahot ovat käyttäneet termiä hieman eri merkityksessä ja Suomessa sitä ei ole tarkemmin määritelty ilmastopolitiikan yhteydessä. Esimerkiksi keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa (YM 2017) on asetettu Suomelle tavoitteeksi olla hiilineutraali 2045 ilman tarkempaa määritelmää. Kun puhutaan maakuntien ja kaupunkien hiilineutraaliuden tavoittelusta, laskentasäännöt ja päästöjen hyvitysmenettelyt korostuvat, mutta näistäkään ei ole selkeästi sovittu yhteisesti.

Päästöjä pyritään usein hyvittämään hiilineutraaliutta tavoittelevan maantieteellisen alueen hiilinielulla. Ne eivät kuitenkaan aina ole riittävän suuret kompensoimaan jäljelle jääviä päästöjä. Tällaisessa tilanteessa haetaan ratkaisua kompensoimalla loput päästöt toimilla, jotka toteutetaan oman alueen ulkopuolella. Kompensaatiomarkkinat ovatkin nousseet uudella tavalla keskusteluun hiilineutraaliuden toimenpidealueena. Kompensaatioiden keskeiseksi kysymykseksi ovat nousseet tarjottavien päästövähennyksyksiköiden hyväksyttävyys. Maakunnat ja kaupungit haluavat tietää mitä kompensointi he voivat käyttää. Hyväksyttäviä kompensointi pyritään etsimään myös ulkomailta valtioiden, alueiden ja kuntien toimesta. Suomen ilmastopaneelin työpajassa toukokuussa 2018 kaupunkien ja alueiden tilaisuuteen osallistuneet edustajat asettivat kotimaiset kompensointi etusijalle, koska tällä tavalla edistettäisiin myös kansallisten päästötavoitteiden toteuttamista ja hyödyt jäisivät muutenkin kotimaahan.

Edellä mainittua taustaa vasten työn tarkoituksena on ollut määrittellä hiilineutraalius, kuvata valtioiden, alueiden ja kuntien hiilineutraaliustavoitteiden nykytilanne sekä luoda tietoperusta ja näihin pohjautuvat suositukset etenkin kotimaisen hiilineutraaliuden tavoittelun pelisäännöille. Hiilineutraaliuden tavoittelu pitää sisällään päästöjen vähentämisen, nielujen kasvattamisen ja jäljellä jääneiden päästöjen hyvittämisen kompensoinnilla.

## 2. HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELEMISEN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1. Määritelmä

Hiilineutraalius-termiä on määritetty monin eri tavoin, joten se pitää aina määrittellä erikseen asiayhteydessä väärinymmärrysten välttämiseksi. Määritelmässä voi vaihdella mukaan otettavat säteilypakotteeseen vaikuttavat tekijät ja neutraaliuden saavuttamisen määrittely.

#### *Säteilypakotteeseen vaikuttavat tekijät*

Ihmistoiminta vaikuttaa monin tavoin maapallolta avaruuteen poistuvan lämpösäteilyn määrään eli säteilypakotteeseen. Vaikutus voi olla avaruuteen poistuvan lämpösäteilymäärää vähentävä eli lämmittävä (esim. kasvihuonekaasupäästöt) tai lisäävä eli viilentävä (esimerkiksi pienhiukkaset).

Useimpiin hiilineutraaliuden määritelmiin sisältyy kaikki ihmisperäiset kasvihuonekaasupäästöt eli hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), dityppioksidin (N<sub>2</sub>O), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja fluoratut kasvihuonekaasut eli ns. F-kaasut, mikä on myös tämän selvityksen hiilineutraaliusmääritelmän lähtökohtana. Hiilineutraaliuden sijasta saatetaan puhua myös ilmastoneutraaliudesta, jolloin halutaan selkeästi korostaa myös muiden kasvihuonekaasupäästöjen kuin hiilidioksidin sisältyvän määritelmään.

Päästöjen ohella hiilineutraaliuden tavoittelussa on mukana poistumat. Poistumalla tarkoitetaan nieluilla ilmakehästä poistettuja kasvihuonekaasuja. Nielut voivat olla mikä tahansa prosessi, toiminta tai mekanismi, joka sitoo ilmakehästä kasvihuonekaasua, aerosolia tai kasvihuonekaasun esiastetta (EU 2018a).

Kasvihuonekaasupäästöjen ja poistumien lisäksi ihmistoiminta vaikuttaa muilla tavoilla säteilypakotteeseen. Tämän takia Suomen ilmastopaneeli (2014) on määritellyt *ilmastoneutraaliuden* sisältävän kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi myös erilaisten maankäytönmuutosten albedon (auringon säteilyn heijastuskyky), pienhiukkaspäästöjen (ml. musta hiili) ja kasvillisuuden aerosolihiukkasten säteilypakotevaikutukset. Tämä laajennus ei ole kuitenkaan ollut esillä kuntien, alueiden, valtioiden tai kansainvälisen ilmastopolitiikan käyttämissä käsitteissä.

#### *Neutraaliuden saavuttaminen*

Yksilön, tuotteen, palvelun, organisaation, kunnan, alueen ja valtion hiilineutraaliustavoitteissa pyritään pääsääntöisesti saavuttamaan nettonollapäästötila, jossa tietyllä tavalla rajatun oman toiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat yhtä suuret kuin poistumat (ks. luvut 3-5). Kuntien, alueiden ja valtioiden osalta tarkastelu rajautuu maantieteellisten rajojen sisällä tapahtuvien vuosittaisten päästöjen ja poistumien tarkasteluun. Poikkeuksena ovat rajojen ulkopuolella tapahtuvat kompensatiotoimet, joilla hyvitetään valitun maantieteellisen alueen jäljellä olevia päästöjä alueen ulkopuolella tapahtuvilla hyväksytyillä päästövähennysoimilla tai poistumien kasvattamistoimilla (ks. kohta 2.2).

EU-komission tiedonannossa (28.11.2018, EU:n strateginen visio vauraasta, modernista ja kilpailukykyisestä ja ilmastoneutraalista taloudesta) käytetään termiä ilmastoneutraalisuus, jolla tarkoitetaan ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen ja nielujen nettonollapäästötilannetta EU:ssa (EU 2018b). Englannin ilmastokomitea (Committee on Climate Change 2019) on määritellyt saman asian pelkästään nettonollapäästötilaksi. Käytännössä kummatkin termit ovat synonyymejä hiilineutraaliudelle, jota termiä suurin osa kunnista, alueista ja valtioista käyttävät (ks. luvut 3-5).

Nettonollapäästötilanteen tavoitteluissa otetaan huomioon käytännössä energia- ja prosessiperäiset kasvihuonekaasupäästöt, LULUCF (=maankäytön, maankäytönmuutoksen ja metsätalous, land use, land use change and forestry) -sektorin piiriin kuuluvat nielut ja päästöt sekä teknisin keinoin toteutetut kasvihuonekaasujen poistot ilmakehästä. Teknologisia poistokeinoja ovat muun muassa hiilidioksidin suora talteenotto ja varastointi (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS) sekä bioenergiaan yhdistetty hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (Bio-Energy Carbon Capture and Storage, BECCS).

EU:n ilmastoneutraaliuden (=hiilineutraaliuden) tavoittelussa (EU 2018b) otetaan mukaan kaikki LULUCF –sektorin nielut ja päästöt. Vaihtoehtoinen lähestymistapa hiilineutraaliuden tavoitteluun on rajata nielut koskemaan vain määrätyn LULUCF-tason ylittäviin nieluihin. Ainakin Ruotsin hiilineutraaliustavoittelun lähtökohtana ovat vain tällaiset lisäiset nielut (Naturvårdverket 2019).

Jos LULUCF-sektorin poistumat ovat suurempia kuin kasvihuonekaasujen päästöt ilmakehään, puhutaan nettonielusta. Siihen liittyvät laskentasaännöt kattavat metsistä, maatalousmaista, yhdyskunnista ja kosteikosta aiheutuvien nielut ja päästöt. LULUCF-sektori on tulossa ensi kertaa numeeristen velvoitteiden piiriin Pariisin ilmastopimuksen kaudella. Tällä hetkellä LULUCF-sektorin kaikki päästöt ja poistumat raportoidaan YK:n Ilmastopimuksen alla ja niistä osaa koskee raportointivelvollisuus Kioton pöytäkirjan<sup>1</sup> alla. Kioton pöytäkirjan alla raportoidaan metsityksen, metsäkadon ja metsänhoidon päästöt ja poistumat. Vapaaehtoisesti maat ovat voineet raportoida myös kasvillisuuden palautuksen, maatalousmaan hoidon ja laidunmaan hoidon sekä kosteikkojen ojituksen ja uudelleen vettämisen vaikutuksia. Suomi ei ole valinnut näitä vaihtoehtoja.

Kasvihuonekaasupäästöt ja poistumat saatetaan käytännössä yhteismitalliseksi hiilidioksidiekvivalenttilukuina, jotka lasketaan IPCC:n määrittelemillä GWP-kertoimilla 100-vuoden aikajänteellä. Tämä on myös EU:n ilmastoneutraaliuden määritelmässä käytetty laskentatapa, mutta periaatteessa muitakin GWP-arvoja tai muita metriikoita voidaan käyttää ilmastovaikutusten arvioinnissa (Fuglestvedt et al. 2018).

Hallitusten välisen kansainvälisen ilmastopaneelin (IPPC) globaali ilmastoneutraaliustavoite tarkoittaa tilannetta, jossa ihmisperäisten päästöjen ja poistumien tulee olla tasapainotilassa tavalla (IPCC 2018). Tasapainotila ei tarkoita

<sup>1</sup> <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use-land-use-change-and-forestry-lulucf/reporting-and-accounting-of-lulucf-activities-under-the-kyoto-protocol>



nettonollapäästötilannetta. Lisäksi IPCC:n määritelmä eroaa muun muassa EU:n määritelmästä siinä, etteivät EU:n laskennassa mukana olevat LULUCF-sektorin päästöt ja nieltä liity pelkästään ihmisperäisiin päästöihin ja nieluihin. Eroja ja niiden merkitystä on käsitelty tarkemmin kohdassa 2.3.

#### *Valittu määritelmä*

Tässä selvityksessä hiilineutraaliuden määritelmän lähtökohdaksi on otettu sama sisältö kuin miksi EU:n komissio on määritellyt ilmastoneutraaliuden. Valittu määritelmä on: *”Hiilineutraalius on erikseen määritellyn alueen tila, jossa ihmistoiminnan synnyttämät kasvihuonekaasujen lähteet ja kasvihuonekaasuja poistavat nieltä ovat yhtä suuret määrättyllä ajanjaksolla (käytännössä vuodessa jos ei aikatekijää muutoin määritetä)”*.

Ihmisperäisillä kasvihuonekaasupäästöillä tarkoitetaan määritelmässä YK:n kasvihuonekaasu-päästöinventaariorissa seurattavia päästöjä LULUCF -sektori mukaan lukien. Vastaavasti nieluilla tarkoitetaan mitä tahansa LULUCF-sektorin tai ihmistoiminnan piiriin kuuluvaa prosessia, toimintaa tai mekanismia, joka sitoo ilmakehästä kasvihuonekaasua, aerosolia tai kasvihuonekaasun esiastetta. Kasvihuonekaasupäästöt ja nieluilla aikaansaadut poistumat saatetaan yhteismitalliseksi hiilidioksidiekvivalenttilukuina, jotka lasketaan IPCC:n määrittelemillä GWP-kertoimilla 100-vuoden aikajänteellä.

Tässä valittu EU:n mukainen määritelmä ei vastaa tarkkaan ottaen hallitusten välisen kansainvälisen ilmastopaneelin (IPPC) määritelmää (IPCC 2018). Tämän takia EU:n hiilineutraaliustavoite on katsottava välitavoitteeksi ennen siirtymistä tilanteeseen, jossa EU:n jäljellä olevien päästöjen on oltava nieluja pienemmät. Asiaa on selvitetty kohdassa 2.3.

## **2.2. Yleinen lähestymistapa hiilineutraaliuden saavuttamiseksi**

On sitten kyse yksilön, tuotteen, palvelun, organisaation, kunnan, alueen tai valtion hiilineutraaliuden tavoittelemisesta, lähestymistapa hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on seuraava (Defra 2009):

- (1) Arvioidaan kasvihuonekaasupäästöt,
- (2) Vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä
- (3) Hyvitetään (kompensoidaan) jäljelle jääneet päästöt hiilineutraalin tilan saavuttamiseksi.

Hiilineutraaliuden tavoitteen mukainen ihmisperäisten päästöjen ja nielujen nettonollapäästötilanne voidaan saavuttaa siten, että kasvihuonekaasupäästöjä syntyy yhä, mutta tällöin jokainen aiheutettu kasvihuonekaasupäästötonni on hyvitetty tai sidottu pois ilmakehästä vastaavalla määrällä sovitulla aikajänteellä (käytännössä vuodessa jos ei aikatekijää muutoin määritetä). Valtion, alueen tai kunnan tapauksessa tämä voi tapahtua ko. maantieteellisen rajan mukaisen LULUCF-sektorin netto-nielun avulla, jolloin LULUCF-sektorin päästöt ovat pienemmät kuin poistumat. Keinoina ovat muun muassa puiden istuttaminen ja maaperän hiilivarastojen kasvattaminen sekä tulevaisuudessa hiilidioksidin talteenotto suoraan ilmakehästä tai bioenergian poltosta ja varastointi (DACCS ja BECCS)..

Mikäli päästöt ovat suuremmat kuin poistumat, voidaan valtion, kunnan tai alueen hiilineutraalius saavuttaa päästöjen kompensoinnin avulla. Tällöin tarkasteltavan alueen ulkopuolella toteutetaan päästövähennykset ja/tai nielun lisäykset, jotka eivät olisi muutoin toteutuneet ja joiden laskennallinen päästövähennys on vähintään yhtä suuri kuin jäljellä olevien päästöjen määrä tarkasteltavalla alueella.

Kansainvälisessä ilmastopolitiikassa fossiilisperäisten päästöjen vähentäminen on ensisijainen toimenpidealue, minkä takia valtioiden tasolla fossiilisperäisten päästöjen tulee vähentyä merkittävästi ennen kuin LULUCF-nettonielua tai kompensatiota voidaan käyttää hiilineutraaliuden tavoitteen saavuttamiseksi. Esimerkiksi EU:n on sitoutunut 80–95 %:n päästövähennykseen vuoteen 2050 mennessä (EU 2009). Tämä merkitsee eri jäsenmaiden osalta erilaisia päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä, mutta kokonaisuudessaan EU on ”muodollisesti” hiilineutraali (eli ilmastoneutraali) vasta kun jäljellä olevat päästöt (5-20 % vuoden 1990 päästötasosta) ja nieltä ovat tasapainossa. Vastaava toimintamalli fossiilisten päästöjen merkittävästä alasajosta on taustalla myös alueiden ja kuntien hiilineutraaliustavoitteissa.

Kuntien ja alueiden hiilineutraaliuden tavoittelussa tulisi soveltaa samaa päästöjen ja poistumien laskentasaantöä, jolla tavoitellaan myös ko. valtion hiilineutraaliutta. Näin voidaan välttää kaksoislaskentaa. Tällä tarkoitetaan tilannetta, jossa esimerkiksi kaksi kuntaa laskee saman päästövähennyksen hyödykseen. Jos kaikki alueen kunnat saavuttavat

hiilineutraaliuden, niin alue on viimeistään silloin hiilineutraali. Tietty maantieteellinen alue on hiilineutraali kun sen sisältämät osa-alueet (esim. kunnat) ovat nettopäästöiltään hiilineutraaleja.

### 2.3. Hiilineutraaliuden riittävyys ilmastopoliittisena tavoitteena

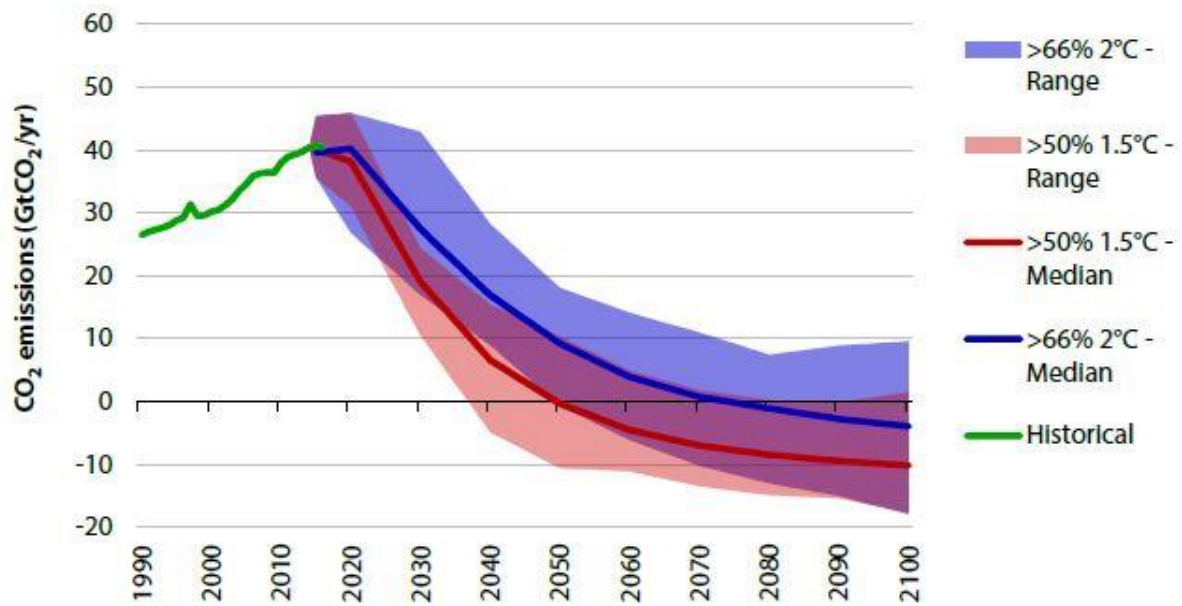
Usein hiilineutraaliudesta puhutaan ilmastonmuutoksen torjunnassa tarkoituksenmukaisena tavoitetilana globaalisti (esim. UNFCCC 2016). Globaaleissa päästövähennystoimissa ei ole kuitenkaan edetty riittävän nopeasti, jotta kohdassa 2.1 määritelty hiilineutraalius olisi globaalisti riittävä tavoitetilana 1,5 asteen lämpötilanousun estämiseksi. Ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksien ylittäessä kriittisen rajan poistumien tulee olla suuremmat kuin päästöt: hiilinieluja tulee kasvattaa ja teknologisin keinoja tulee hyödyntää ilmakehässä olevia kasvihuonekaasupäästöjen poistamiseen (IPCC 2018). Tällöin siis hiilineutraalius määriteltynä kohdan 2.1 mukaisesti ei kuvaa ”haitatonta” tavoitetilaa, johon yleiskielessä viitataan. Se on tärkeä välivaihe etenkin rikkaille maille, joiden nimenomaan odotetaan ottavan vastuun myös negatiivisten päästöjen kasvattamisesta oman maan hiilineutraaliuden saavuttamisen jälkeen.

Hallitusten välisen kansainvälisen ilmastopaneelin (IPPC) tarkoittama globaali tila, jossa ilmastonmuutos jää alle 2 asteen lämpötilanousuun, konkretisoitui Pariisin sopimuksessa. Siinä 4. artiklan mukaisesti sopimuksen hyväksyneet maat ovat sitoutuneet saavuttamaan tämän vuosisadan jälkipuoliskolla maapallolla tilan, jossa ihmistoiminnan synnyttämät kasvihuonekaasujen lähteet ja ihmistoiminnan<sup>2</sup> aikaansaamat kasvihuonekaasuja poistavat nielut ovat tasapainossa (United Nations 2016). Tähän tasapainoon ei lasketa mukaan nykyisiä maaekosysteemien ja merten luonnon nieluja, vaan ainoastaan ihmistoimin lisättävät nielut. Tasapainotila ei näin ollen tarkoita luonnontieteellistä nettonollapäästötilaa, vaan tilaa, jossa ihmistoiminnan seurauksena syntyy vain sen verran päästöjä kuin ihmistoimin poistetaan ilmakehästä (Grassi ym. 2018). YK:n ilmastopaneelin virallisessa www-sivustossa tästä kasvihuonekaasupäästöjen ja nielujen tasapainotilasta käytetään nimitystä ilmastoneutraalius (UNFCCC 2019). Jotkut tutkijaryhmät käyttävät puolestaan tasapainotilasta termiä kasvihuonekaasuneutraalius (GHG –neutrality) (esim. Grassi ym. 2018).

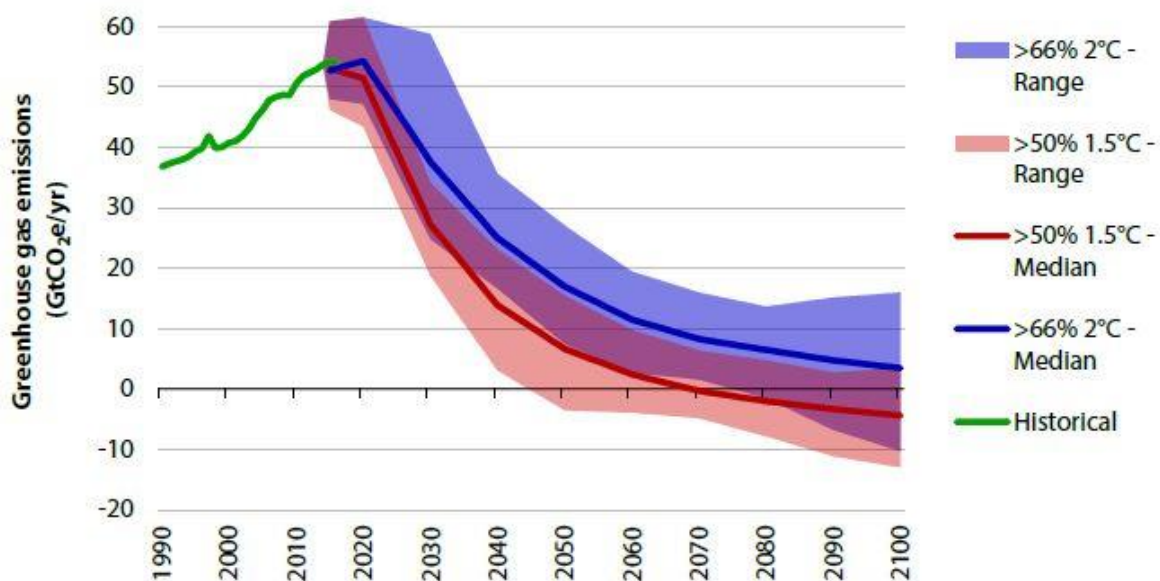
Keskeistä lämpenemisen pysäyttämiseksi on saada ilmakehän hiilidioksidipitoisuus laskuun, koska suurin osa CO<sub>2</sub>-päästöstä viipyy ilmakehässä tuhansia vuosia lämmittäen ilmakehää. Kuvan 1 päästövähennyskennäario kertoo, että 50 % todennäköisyydellä 1,5 asteen lämpötilanousun rajoittamistavoite toteutuu globaalisti jos maailman CO<sub>2</sub>-päästöt nollautuvat 2050 ja jatkuvat sen jälkeen nettonegatiivisina kuvan esittämän päästövähennyspolun mukaisesti. Kuva 2 kertoo vastaavan hiilineutraaliuden tavoiteajankohdan (n. 2070), kun mukana on kaikki kasvihuonekaasupäästöt.

Kummankin kuvan malliskennäarioiden käyrissä on pyritty ottamaan huomioon vain ihmisperäiset päästöt ja nielut, mutta malliajojen taustalla ovat mukana myös luonnon nielut ja päästöt. LULUCF-sektori, jonka päästöt ja nielut ovat kohdan 2.1 määritelmän laskennallisia elementtejä, kattaa kuitenkin suorien ihmisperäisten päästöjen ja nielujen lisäksi myös osittain epäsuoria ihmisperäisiä päästöjä ja nieluja. Lisäksi LULUCF-sektori sisältää myös osittain luonnon prosessien synnyttämiä päästöjä ja nieluja, jotka eivät ole peräsin ihmisen toiminnasta. Nämä erot merkitsevät sitä, etteivät malliajojen kautta saadut päästökäyrät ja LULUCF-sektorin kautta seurattavat päästövähennyslaskelmat ole täysin vertailukelpoisia. Grassi ym. (2018) päättävätkin artikkelinsa toteamukseen, ettei tällä hetkellä ole edellytyksiä erotella täysin yksiselitteisesti ihmisperäisiä ja luonnonprosessien mukaisia päästöjä ja nieluja toisistaan. Tämän takia ei ole myöskään edellytyksiä asettaa yksiselitteistä vaatimusta ihmisperäisistä nieluista hiilineutraaliuden tavoitteluun. Fuglesvedt ym. (2018) toteavat, että kun ihmistoimin vahvistetaan maaekosysteemien tai merten luonnollista nielua, on tulkinnanvaraista, mikä osuus siitä katsotaan olevan ihmistoimin aikaansaatua.

<sup>2</sup> Sopimuksen englanninkielistä versiosta jää epäselväksi, viittaako sana ’antropogeeninen’ ainoastaan päästöihin vai myös nieluin aikaansaatuihin poistumiin, mutta sopimuksen ranskan- ja espanjankielisissä versioissa viittaus antropogeenisiin nieluihin on eksplisiittinen: ranskankielinen versio: ‘de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre au cours de la deuxième moitié du siècle’; espanjankielinen versio: ‘para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo’. The Russian, Chinese and Arabic versions mirror the English wording.” (Fuglesvedt et al. 2018)



Kuva 1. CO<sub>2</sub>-päästöjen kehityspolut kun tavoitteena rajoittaa globaali lämpötilanousu 1,5- ja 2-asteeseen 50 % ja 66 % -todennäköisyydellä (Huppmann ym. 2018, kuva Committee on Climate Change 2019). Punainen ja sininen värialue kuvaa ko. päästövähennyspolun epävarmuutta.



Kuva 2. Kaikkien kasvihuonekaasupäästöjen kehityspolut kun tavoitteena rajoittaa globaali lämpötilanousu 1,5- ja 2-asteeseen 50 % ja 66 % -todennäköisyydellä (Huppmann ym. 2018, kuva Committee on Climate Change 2019). Punainen ja sininen värialue kuvaa ko. päästövähennyspolun epävarmuutta.

Rikkaiden maiden tulee YK:n ilmasopimuksen velvoittamana vähentää päästöjään muuta maailmaa nopeammin, minkä takia 1,5 asteen tavoite edellyttää, että rikkaat maat pääsevät hiilineutraaliuteen ennen globaalia hiilineutraaliustavoitevuotta. EU on omassa strategisessa visiossaan (EU 2018) esittänyt kunnianhimoisimman päästövähennyspolkuesityksen, jossa päästöt ja nielut olisivat yhtäsuuret EU:ssa vuonna 2050. Siihen onko tämä sopusoinnussa Pariisin sopimuksen kanssa, ei oteta tässä yhteydessä kantaa. Mutta jos tämä toteutuu EU:n pitkänajan

tavoitteena, merkitsee se sitä, että Suomessa hiilineutraaliuden tavoitevuosi tulee olemaan vuotta 2050 aiemmin. Suomen tulee rikkaana EU-valtiona vähentää päästöjään etuajassa köyhimpiin EU-valtioihin nähden ja toisaalta Suomi metsäisenä maana pystyy monia muita valtioita helpommin ylläpitämään ja jopa kasvattamaan LULUCF-nettonieluaan (ks. kohta 3.1).

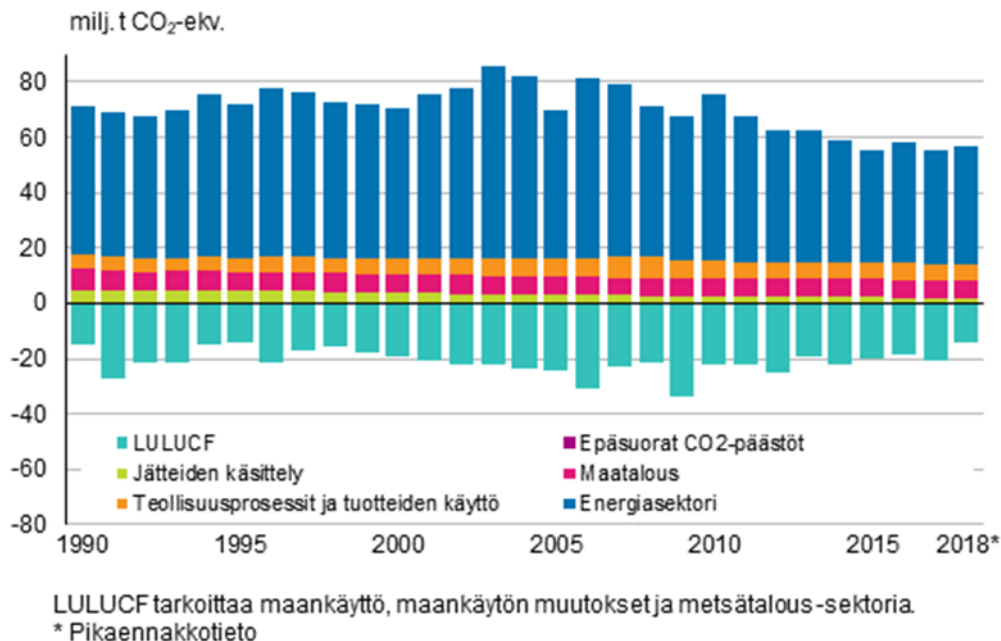
Yhteenvetona voidaan todeta, että globaalien päästövähennyspolkujen näkökulmasta hiilineutraalius on etenkin rikkaille maille vain välitavoite ilmastonmuutoksen hillinnässä ennen kuin siirrytään nettonegatiiviseen päästötilanteeseen. Mitä aikaisemmin hiilineutraalius saavutetaan globaalisti, sitä vähemmän tarvitaan hiilen sidontaa tai kasvihuonekaasupäästöjen poistoa teknisin keinoin ilmakehästä tulevaisuudessa. Asetettavien hiilineutraaliustavoitteiden tulisi olla linjassa Pariisin sopimuksen tavoitteiden ja toteuttamisen kanssa. Näin ollen niissä tulisi huomioida luonnontieteellisen perustan lisäksi myös oikeudenmukaisuusnäkökulma.

### 3. VALTIOIDEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU

#### 3.1. Suomi ja Ruotsi

YK:n Kioton sopimuksen kasvihuonekaasuinventaarioiden ohjeiden mukaisesti eri maiden kasvihuonekaasujen päästölaskennassa sovelletaan ns. alueperäistä (tai tuotantoperusteista) laskentatapaa eli vain maan alueelta syntyneitä päästöjä seurataan. Tämä laskentatapa antaa myös perustan eri maiden hiilineutraaliuden tavoittelulle. Päästövähennystoimet voivat käsittää myös alueen ulkopuolella olevia toimia sovittujen pelisääntöjen mukaisesti.

Suomi on keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa, KAISUssa (YM 2017) esittänyt pyrkivänsä vuoteen 2045 mennessä hiilineutraaliuteen. Suomen nykyisen hallituksen hallitusohjelmassa on asetettu tavoitteeksi saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035. KAISUssa ja hallitusohjelmassa ei kuitenkaan ole tarkkaa määrittelyä sille, mitä päästöjä ja nieluja hiilineutraaliustavoitteeseen lasketaan mukaan. Nieluihin saatetaan laskea mukaan koko LULUCF-sektorin nettonielu mahdollisesti toteutettavien teknisten nielujen (esim. DACCS tai BECCS) lisäksi. Tällöin hiilineutraaliustavoite on saavutettu, jos päästöjen ja poistumien summana on nolla. Tämä tulkinta on linjassa luvussa 2.1 esitetyn hiilineutraaliusmääritelmän kanssa, mutta ei välttämättä Pariisin ilmastosopimuksen ilmastoneutraaliustavoitteen kanssa (ks. luku 2.3). Suomen hiilineutraaliuden tavoittelussa Suomen alueen



Kuva 3. Suomen kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain 1990-2018 (vuoden 2018 luvut ennakkotietoja) (Tilastokeskus 2019).

ulkopuolella tehtävien päästövähennystoimien tai nieluja hyväksi lukeminen (kompensaatio) ei ole ollut esillä

Ruotsin virallinen tavoite on saavuttaa hiilineutraalius viimeistään vuonna 2045, minkä päästöt ovat nettonegatiiviset. Lähtökohtana on, että kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF) vähennetään 85 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2045 mennessä. Hiilineutraaliuden saavuttamiseen tarvittavat poistumat toteutetaan lisäämällä hiilinieluja ja ottamalla biopohjaisen energian synnyttämän hiilidioksidin poisto ja varastointi (BECCS) käyttöön Ruotsissa. Lisäksi voidaan mahdollisesti kompensoida päästöjä Ruotsin ulkopuolella tehtävillä toimilla. Hiilineutraaliuden päästöpolku on pyritty määrittelemään 1,5 asteen tavoitteen mukaisesti. Tämä tarkoittaa myös sitä, että vuonna 2030 taakanjakosektorin (pl. liikenne) kasvihuonekaasupäästöjen pitää olla 63 % pienemmät vuonna 2030 kuin mitä ne olivat vuonna 1990. Kotimaan liikenteen (ml. kotimaan lennot) päästöjen tulee olla 70 % pienemmät vuonna 2030 vuoteen 2010 verrattuna. Edelleen taakanjakosektorin päästöjen pitää olla 75 % pienemmät vuoteen 2040 mennessä. Ruotsin hiilineutraaliustavoittelussa ei ole kansainvälinen lento- ja laivaliikenne mukana. (Naturvårdverket 2019 ja Committee on Climate Change 2019)

Ruotsi on ilmoittanut, että EU:n päästökaupparektorilta (ETS) saatavat päästöoikeudet ei ole laskettavissa sen teollisuuden ja energiatuotantolaitosten päästövähennyksiksi kun Ruotsi pyrkii hiilineutraaliuteen. Päästökaupparjestelmässä erikseen määrätty toimijat voivat ostaa virallisilta päästöoikeusmarkkinoilta päästöoikeuksia päästöjensä vähentämisen sijaan. Tällöin joku muu taho vähentää päästöjä EU:ssa niin, että päästökaupparjestelmän tasolla päästöjen määrässä pysytään tietyn yhteisesti sovitun päästökaton alapuolella.

Ruotsin hiilineutraaliustavoite on siis eri tavalla määritelty kuin Suomessa. Ensiksi, Suomessa yleinen tulkinta on, että hiilineutraalius saavutetaan kun päästöt ja nielut ovat yhtä suuret Suomen alueen sisällä (esim. Koljonen ym. 2019) kun taas Ruotsissa lähtökohtana on 85 % päästöjen vähennys. Suomi ei ole virallisesti esittänyt sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF) pitää vähentää hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Tältä osin Ruotsin hiilineutraaliustavoite on tarkemmin määritelty. Toisaalta Suomi on sitoutunut vähentämään 80–95 % kasvihuonekaasupäästöjään vuoteen 2050 mennessä (TEM 2014). Toiseksi Ruotsi ei selvästikään katso koko LULUCF-sektorin nettonielua hyväkseen hiilineutraaliuden tavoittelussa, vaan ainoastaan lisäisen osuuden tietyn LULUCF-tason päälle. Mikä tämä perustaso on, sitä ei sanota missään selkeästi. Kolmanneksi Suomi ei ole ainakaan tämän työn laatimisen aikana virallisesti esittänyt tavoittelevansa nettonollapäästötilannetta käyttämällä maamme rajojen ulkopuolelta hankittavia päästövähennysyksiköitä (kompensointi). Todettakoon, että Ruotsi on perustanut komitean kompensaation pelisäännöistä ja työn tulos on tarkoitus tulla ulos 2020 (Samuelsson 2019).

### 3.2. Muut maat

Yleensä tarkastellaan vain valtion rajojen sisällä syntyviä päästöjä, mutta ainakin Ranskalla on tarkastelussa mukana myös kansainvälisen laiva- ja lentoliikenteen päästöt ((Committee on Climate Change 2019). Lähtökohtana on kuitenkin aina, että kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF) pitää saada merkittävästi alas.

Pohjoismaista Suomen ja Ruotsin lisäksi Norja, Tanska ja Islanti ovat virallistaneet hiilineutraaliustavoitteen. Norjan hiilineutraaliustavoite koskee vuotta 2030 ja sen saavuttamisessa on mahdollisuus käyttää ulkomailla tehtyjä päästövähennyksiä kompensaation avulla. Norja on sitoutunut hiilineutraaliustavoitteeseen vuoteen 2050 mennessä ilman ulkomailla tapahtuvaa päästökompensatiota. Islannin hallitus on sitoutunut saavuttamaan hiilineutraaliuden vuoteen 2040 mennessä. Tanska on kirjannut lainsäädäntöönsä hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisen vuoteen 2050 mennessä. Sekä Islannin ja Tanskan tavoitteiden saavuttamisen pelisäännöistä ei ole tarkempaa tietoa.

Pohjoismaat kuuluvat hiilineutraaliuskoalitioon (Carbon Neutrality Coalition), jossa 19 maata on ilmoittanut pyrkivänsä nettonollapäästötilanteeseen Pariisin sopimuksen mukaisesti. Mukana olevat maat ovat Kanada, Costa Rica, Kolumbia, Tanska, Etiopia, Ranska, Suomi, Saksa, Islanti, Luxemburg, Marshallin saaret, Meksiko, Hollanti, Uusi-Seelanti, Norja, Portugali, Espanja, Ruotsi, Iso-Britannia. Koalitio ei ole kuitenkaan edellyttänyt jäseniltään selkeää hiilineutraaliuden saavuttamisen vuotta, vaan se on kunkin määriteltävissä Pariisin sopimuksen hengessä.

Ainakin Kalifornia, Etiopia, Costa Rica, Buthan, Fidzi, Marsahallinsaaret ja Portugali ovat kirjanneet strategioihinsa hiilineutraaliustavoitteen vuosisadan puolessa välissä tai sitä ennen (Committee on Climate Change 2019). Kalifornialla tavoitevuosi on 2045.



## 4. ALUEIDEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU

### 4.1. Suomi

Suomessa joukko maakuntia ja kaupunkiseutuja ovat sitoutuneet tavoittelemaan hiilineutraaliutta (liite 1). Tavoitteenasettelu on tehty oman alueen näkökulmasta ilman suoraa yhteyttä Suomen valtiontason tulkintaan hiilineutraaliuden käsitteestä tai saavuttamisen aikatauluista. Hiilineutraaliutta ei ole alueiden tavoitteissa täsmällisesti määritelty, mutta se voidaan tulkita useammassa tapauksissa vastaavan tässä selvityksessä valittua määritelmää (ks. kohta 2.1).

Hiilineutraalisuustavoitteiden asettamisen ja seurannan taustalla on alueellisia kasvihuonekaasupäästöjen laskelmia, joita on kunnissa ja maakunnissa tehty vuosien saatossa hieman toisistaan poikkeavilla menetelmillä. Yleisesti käytössä on ollut Suomen Kuntaliiton ja Suomen ympäristökeskuksen kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli Kasvener, joka noudattaa IPCC:n metodiikkaa ja käyttää pitkälti Suomen päästöinventaarion laskentaperiaatteita. Kasvenermallilla päästöt on voitu laskea joko alue- eli tuotantoperusteisesti tai ns. käyttöperusteisesti energiankulutukseen perustuen. Jälkimmäinen käyttöperusteinen päästöjen arviointitapa (ks. liite 2) on vakiintumassa Suomessa. Kaikelle alueella käytetylle sähkölle lasketaan kasvihuonekaasupäästö, vaikka sähkön tuotannon päästö tapahtuu alueen ulkopuolella. Sähkölle käytetään Suomessa kulutetun sähkön keskimääräistä ominaispäästökerrointa. Myös kaukolämmön päästöt lasketaan kunnan tai alueen kulutuksen perusteella riippumatta siitä minkä kunnan alueella lämmön tuottava laitos sijaitsee. Lisäksi jätteiden käsittelyn päästöt allokoidaan alueille tuotettujen jätemäärien suhteessa. Näiltä osin alueiden laskentaperiaate poikkeaa YK:n maiden kasvihuonekaasuinventaariorissa sovellettavasta alue- tai tuotantoperusteisesta laskentatavasta..

Suomen viidestä hiilineutraaliuteen pyrkivästä maakunnasta/kaupunkiseutukunnasta ainakin kaksi (Uusimaa, Tampereen seutukunta) on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään (pl. LULUCF) 80 %. Tämän lisäksi hyödynnetään LULUCF-nettonielua tai kompensatiolla. Kompensaation keinoja ei ole tarkemmin päätetty. Kaikissa tapauksissa lähtökohdana on ollut myös hyvittää jäljellä olevat päästöt alueen LULUCF-nettonielua käyttäen. Tilanne on kuitenkin toistaiseksi sellainen, ettei mikään alue seuraa LULUCF-sektorin päästö/nielukehitystä, vaikka biomassan käyttö energiatuotannossa on laskennassa nollapäästöistä.

### 4.2. Ulkomaat

Eri puolilla maailmaa maakunnat ja kaupunkiseudut ovat sitoutuneet valtiotaan kunnianhimoisempiin päästötavoitteisiin, mutta hiilineutraaliustavoitteen käyttö on tavoitteissa vain harvoissa. Aikataulut ja tavoitetasot vaihtelevat suuresti eri alueilla (liite 1). Päästövähennysten laskentatavaa ei ole pystytty varmistamaan, mutta luultavasti se on pääsääntöisesti sama kuin Suomen alueilla ja kunnissa käytetty käyttöperusteinen lähestymistapa.

Kaikilla hiilineutraaliutta tavoittelevilla alueilla tavoitteen saavuttamiseen liittyy kompensointia, mutta LULUCF-tulosten käyttöön liittyy epävarmuutta. Myös mahdollisista päästövähennyksistä hiilineutraaliuden tavoittelussa ei ole selkeitä mainintoja. Ainakaan Australian hiilineutraaliuteen pyrkivillä alueilla ei lasketa LULUCF-nettonielua täysimääräisenä hyväksi hiilineutraaliuden tavoittelussa kuten Suomessa.

## 5. KUNTIEN JA KAUPUNKIEN HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELU

### 5.1. Suomen kunnat ja kaupungit

Suomessa on kuntia ja kaupungeja, jotka ovat sitoutuneet olevansa hiilineutraaleja (suluissa kuntien lkm): vuonna 2020 (1), 2025 (2), 2029 (1), 2030 (10), 2035 (3), 2040 (2) ja 2050 (10). Useassa näistä hiilineutraaliustavoitteeseen sisältyvä tavoite vähentää kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF) 80 prosentilla perusvuoteen nähden (liite 1).

Kaikissa suomalaisissa kunnissa ja kaupungeissa kasvihuonekaasupäästöjen (pl. LULUCF) laskenta perustuu käytännössä em. alueelliseen laskentaperustaan (luku 4.1 ja liite 2). Käytännössä kunnissa ja kaupungeissa tarkoitetaan hiilineutraaliudella tilannetta, jossa alueen kasvihuonekaasupäästöt ovat nolla. Kompensaatioiden käyttö hyväksytään. Bioenergian käyttö lasketaan energiasektorilla nollapäästöisenä. Maankäyttösektorin LULUCF-nettonielut lasketaan

monessa tapauksessa täysimääräisenä mukaan nettotaseeseen. Tosin useassa tapauksessa tähän ei ole selkeää kannanottoa.

Päästötavoitteiden tavoittelussa on kuitenkin eroa siinä, otetaanko EU:n päästökauppa- tai taakanjakosektorin päästöt täysimääräisesti mukaan vai ei. Suomessa toimii kuntaverkostot ”Kohti hiilineutraalia kuntaa” (ns. HINKU) ja FISU (Finnish Sustainable Communities). Näissä verkostoissa on mukana yhteensä 64 kuntaa (tilanne 30.8.2019), joista osa tavoittelee hiilineutraaliutta määrättyyn vuoteen mennessä (hiilineutraalisuomi.fi/hinku, fisunetwork.fi). Hinku-verkostossa tavoitteena on 80 % päästövähennys vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Fisu-verkoston kuntien tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. Kummankin verkoston päästölaskelmat koskevat taakanjakosektorin päästöjä mukaan lukien keskustaajamien energiatuotannon ja sähkön käytön päästöt (jotka kuuluvat päästökaupan piiriin). Päästöt lasketaan käyttöperusteisesti (liite 2). Hiilineutraaliuden tavoitetta ei ole määritelty täsmällisesti. 80 % päästövähennys vuoteen 2030 mennessä voidaan saavuttaa käyttämällä kompensatiota, joihin sisällytetään uusiutuvien energian tuotanto yli oman tarpeen, päästöoikeuksien ostaminen ja ns. lisäiset LULUCF-toimenpiteet (joiden osalta näyttövelvoite). Toistaiseksi vain uusiutuvan energian ylituotantoa on sovellettu kompensatioon.

## 5.2. Kaupungit ulkomailla

Useat kaupungit ympäri maailman ovat ilmoittaneet tavoittelevansa hiilineutraaliutta ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi (liite 1). Suurin osa näistä kaupungeista pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2050 mennessä, toiset aiemmin, kuten esimerkiksi Kööpenhamina (2025) ja Oslo (2030). (Kööpenhaminan hiilineutraaliustavoite koskee kuitenkin vain hiilidioksidipäästöjä).

Hiilineutraalius määritellään kaupungeissa lähes poikkeuksetta siten, että kasvihuonekaasujen nettopäästöt ovat nolla. Osa kaupungeista ei määrittele hiili- tai ilmastoneutraaliustermiä lainkaan, mutta nettonollapäästötermin käyttö antaa olettaa, että kyse on samasta asiasta. Useammissa tapauksissa löytyy selvä päätös myös siitä, että hiilineutraaliuden tavoittelun yhteydessä pyritään ensin vähentämään päästöjä merkittävästi. Tämä päästövähennystavoite on yleisesti 80 % tai sen yli.

Yksikään kaupunki ei pyri vähentämään omia päästöjään täysin nolnaan, hiilineutraaliustavoitteisiin liittyy aina jonkinasteista kompensointia. Kompensointitapoja on useita. Kompensointikeinoiksi on esitetty hiilen sidontaa, esimerkiksi metsänielun nielun kautta. Ainakin Kööpenhamina, Linköping ja Seattle aikovat kompensoida päästöjään tuottamalla uusiutuvaa energiaa yli oman tarpeensa. Päästöjen kompensointikäytännöt ovat monissa kaupungeissa vielä selvitysasteella. Esimerkiksi Adelaide mainitsee kehittävänsä parhaillaan luotettavia käytäntöjä päästöjen vähentämiseksi yhteistyössä Australian The National Carbon Offsets Standard (NCOS) ja associated Carbon Neutral Programin kanssa.

Käytännössä *päästöjen laskenta* perustuu pääsääntöisesti ns. käyttöperusteiseen laskentaan kuten Suomessa. Tosin näennäisestä samankaltaisuudesta huolimatta laskentojen yksityiskohdat saattavat poiketa melkoisesti keskenään. Olemassa olevien kaupunkien nielujen käytöstä ei ole mainintaa päästövähennysten tavoittelussa. Tämä ei kuitenkaan automaattisesti merkitse sitä, että kaupungin alueen LULUCF-nettonieluja ei oteta huomioon. Useassa kaupungissa näiden nielujen määrä on todennäköisesti olematon. Vain muutamat kaupungit soveltavat muuta kuin käyttöperusteista peruslaskentaa. Lontoo pyrkii ottamaan energiantuotannon suorat ja elinkaariset päästöt huomioon. Berliinin kirjanpidossa tarkastellaan kulutusperustaisia päästöjä. Näiden laskentojen toteutuksesta ei ole kuitenkaan tarkempaa tietoa.

## 6. PÄÄSTÖT JA NIELUT HIILINEUTRAALIUDEN TAVOITTELUSSA

### 6.1. Päästöjen ja nielujen kohdentumisesta

#### *Valtiot*

EU:n mahdollinen tuleva hiilineutraaliustavoite 2050 (EU 2018) tarkoittaa käytännössä EU-maiden tasolla sitä, että vuonna 2050 jotkut jäsenmaat ovat hiilinegatiivisia (nielut ovat suurempia kuin päästöt) ja jotkut maat vielä päästöiltään lähteitä. Suomen tapaisilta jäsenmailta, joissa metsien hiilinielu on maan päästöihin suhteutettuna

merkittävä, edellytetään hyvin suurella todennäköisyydellä hiilinegatiivista tilannetta EU:n hiilineutraalissa tilanteessa. Tällöin Suomen nielujen on siis oltava päästöjä suuremmat hyvissä ajojen ennen vuotta 2050.

Tulkinta, jossa maan hiilineutraalius saavutetaan kasvihuonekaasupäästöjen (pl. LULUCF-sektori) ja oman maan LULUCF-sektorin nettonollatilanteena, on näennäisesti selkeä EU:n hiilineutraaliustavoittelussa. Ongelmana on kuitenkin, että tällöin fossiilisperäisten päästöjen vähentäminen ja nielujen kasvattaminen asetetaan samanarvoiseksi ilmastopolitiikassa. Fossiilisten polttoaineiden CO<sub>2</sub> -päästöt lisäävät vuosituhanneksi ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuutta, kun taas maaperän ja kasvuston hiinielujen pysyvyydestä ei ole varmuutta pitkällä aikavälillä. Lisäksi LULUCF-päästöihin ja -nieluihin liittyy selvästi suurempaa epävarmuutta kuin muiden sektoreiden kasvihuonekaasupäästöihin. Lähtökohdana tulisi sen takia olla mahdollisimman suuri muiden kuin LULUCF-sektorin kasvihuonekaasupäästöjen vähennys (esim. EU:lla 80-95 % vuoteen 2050 mennessä (EU 2009 ja 2011)). Jos halutaan olla varmallalla pohjalla hiilineutraalisuuden saavuttamisessa, niin LULUCF-nettonielun käytössä tulisi ottaa huomioon epävarmuutta kuvaava korjauskerroin eli LULUCF-nettonielun pitäisi olla selvästi suurempi kuin jäljellä olevien päästöjen hiilineutraaliuden saavuttamisessa. Tällaiselle varmuuskertoimelle ei ole selkeää yleisarviota ja sen pitäisi heijastaa aina tarkasteltavan maantieteellisen alueen LULUCF-arvion ja nielujen pysyvyyden epävarmuutta.

Periaatteessa maat voivat ottaa omista hiilineutraaliustavoitteista huomioon yrityksiensä muista EU-maista ostamat päästöoikeudet. EU:ssa päästökaupan ulkopuolella tapahtuviin kompensatioihin liittyy kuitenkin hyväksyttävyyksikritiikki jos pelisääntöjä ei määritetä selkeästi. Jos kompensatio kohdistuu taakanjakosektoriin, päästöt eivät todennäköisesti vähene ollenkaan EU:ssa. Kyseinen EU-maa, jossa päästövähennykset tapahtuvat, laskee päästövähennyksen itselleen. Jos kompensatio liittyy päästökaupparjestelmän (ETS) piiriin kuuluvien päästöoikeuksien ostamiseen, päästövähennys on ainakin osittain lisäinen. Lisäisellä toimenpiteellä tarkoitetaan, ettei toimenpidettä olisi toteutettu ilman päästöoikeuksien ostamista. Lisäisyyden toteutuminen vaatii kuitenkin syvällisempää analyysia, sillä päästöoikeuksien ylijäämä on tällä hetkellä merkittävä ja EU:n käyttöönotettaman päästökaupan markkinavakausjärjestelmän puitteissa vuonna 2023 on tarkoitus eliminoida ylijäämäisiä päästöoikeuksien tietyn laskentakaavan mukaan. Jos toimenpiteet kohdistuvat LULUCF-sektorille, on vaarana, että ko. maa laskee sen omaksi ansioksi ja LULUCF-nettonielu/päästövaikutus ei muutu. Tilanne olisi kuitenkin erilainen, jos EU:ssa pystyttäisiin ostamaan LULUCF-päästöoikeuksia niiltä mailta, joiden positiivinen LULUCF-tulos antaa siihen mahdollisuuden. Vuodesta 2021 eteenpäin EU:n asetus mahdollistaa LULUCF-päästöoikeuksien ostamisen tilanteessa, jossa ostajamaa ei pysty saavuttamaan omaa LULUCF-tavoitettaan ja LULUCF-oikeuksia on kaupan (EU 2018b). EU:n LULUCF-säännöstö on voimassa vuoteen 2030, ja sen jälkeinen pelisäännöstö on auki.

Jos EU-maan kompensatiomenettelyn toimenpide tapahtuu EU:n alueen ulkopuolella, siitä voi aiheutua päästövähennyksen kaksoislaskentaa. Ko. maa, jonka alueella toimenpide toteutetaan, laskee toimenpiteen päästövähennyksen ja/tai nielun kasvattamisen oman maan raportoitavaan lopputulokseen, ellei kompensatiotoimin aikaansaata päästövähennystä siirretä laskennallisesti kompensation tuottavan maan kiintiöön kasvattamalla kompensation kohteena olevan maan päästövähennysvelvoitetta. Nykyisin tällaista järjestelmää ei ole. Käytännössä tämä tarkoittaa, että YK:n tai muun kansainvälisesti sovittavan tahon pitäisi kirjata siitä, kenen nimiin kompensation päästövähennykset tai nielulisäykset kirjataan. Muutoin hiilineutraaliuden tavoittelemisen alueen ulkopuolella tapahtuvia päästövähennyksiä hyväksi lukien ei välttämättä johda globaalisti riittävän suuriin päästövähennyksiin.

### *Alueet ja kunnat*

Kun maa saavuttaa hiilineutraaliuden, osa ko. maan maakunnista ja kunnista on hiilinegatiivisia ja osa päästölähteitä kun maan hiilineutraaliutta tavoitellaan nollamalla perinteiset kasvihuonekaasupäästöt oman maan nettonieluilla. Tällöin on tärkeää varmistaa, että eri maakuntien päästöjen ja nielujen yhteenlaskettu tulos vastaa valtakunnallista kasvihuonekaasupäästöinventaarion tulosta. Vastaavasti alueen päästöinventaarion tulos tulisi olla alueen kuntien päästöjen ja nielujen summa. Periaatteessa samat näkökohdat päästöjen ja nielujen jakamisesta valtioiden välillä pätevät alueiden ja kuntien välillä.

Kaksoislaskennan välttämiseksi maan sisällä sovellettava, alueiden välinen kompensatiomenettely pitää olla järjestetty siten, etteivät eri alueet laske samoja päästövähennyksiä tai nielun lisäyksiä hyväkseen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että maan sisällä täytyy olla taho, joka pitää kirjaa siitä, minkä alueen tai kunnan nimiin kompensation päästövähennykset tai nielulisäykset kirjataan.

Tällä hetkellä alueilla sovellettava käyttöperusteinen päästöjen arviointimalli laskee bioenergian poltossa syntyvän hiilidioksidin IPCC:n raportointisääntöjen perusteella nollana energiasektorilla sillä alueella, joka käyttää ko. bioenergian. Koska IPCC:n sääntöjen mukaan LULUCF-sektorin nettonielua määritettäessä lasketaan metsien ja



maaperän hiilitaseiden muutokset, tulee biomassan korjuun vaikutus huomioiduksi maankäyttösektorin taseessa. Biomassan korjuun vaikutuksen maankäyttösektorin taseeseen saa kuitenkin selville vain arvioimalla millainen tase olisi ollut ilman biomassan korjuuta ja vertaamalla sitä toteutuneeseen taseeseen. Hiilineutraaliuden tavoittelun myötä biomassan korjuun nielua pienentävä vaikutus muodostuu merkittäväksi. Esimerkiksi metsien hakkuiden vaikutus kohdistuu sille alueelle, josta metsä hakataan. Hyödynsaaja ja puupohjaisen tuotteen tai polttoaineen toimittaja voivat kuitenkin sijoittua eri alueelle.

Alueiden hiilineutraaliuden tavoittelussa pitäisi olla lähtökohtana, että koko maata koskeva päästöinventaarioritus olisi sama kuin eri alueiden päästöjen ja nielujen summa. Vastaavasti alueen päästöinventaarioritus tulisi olla alueen kuntien päästöjen ja nielujen summa. Periaatteessa samat näkökohdat päästöjen ja nielujen jakamisesta valtioiden välillä pätevät alueiden ja kuntien välillä.

## 6.2. Puunkäytön vaikutukset

### *Valtiot*

Hakkuut pienentävät metsien hiilinielua ja lisääntyvät hakkuut vaikeuttavat siksi hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamista tulevina vuosikymmeninä esimerkiksi Suomessa. Muun muassa kuuden eri metsien hiiliasemallin mukaan jokainen lisähakkuissa vuosittain metsästä poistettava kuutio puuta pienentää metsien hiilinielua keskimäärin 1,7 tonnia ainakin noin vuoteen 2055 saakka (Suomen ilmastopaneeli 2019). Toisaalta metsäteollisuuden puutuotteet ja metsäpohjaisen energian käyttö voivat korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Nykyisillä puutuotteilla ja -energiakäytöllä saavutettavat päästöhyödyt teknosysteemissä eivät kuitenkaan pysty kumoamaan lisähakkuiden kautta menetettyä hiilinielua metsissä tällä vuosisadalla (esim. Seppälä ym. 2019).

Jos tietyn maan puuraaka-aineeseen pohjautuva energiasektorilla nollapäästöinen puuenergia käytetään kotimaassa, korvauksen päästövähennykset vaikuttavat ko. maan energiasektorin päästöihin. Puuraaka-aineen korjuu puolestaan vaikuttaa metsien nettonieluun, joka raportoidaan osana LULUCF-sektoria. Maat, jotka lisäävät muista maista tuotavaa bioenergian raaka-ainetta tai –biopolttoaineita hyötyvät siitä, että oman maan LULUCF-sektorin nettonielu ei tuontibiomassan määrän osalta heikkene. Samalla energiatuotannon laskennalliset päästöt vähentyvät bioenergian käytön lisääntymisen seurauksena. Vastaavasti bioenergian raaka-ainetta toimittava maa heikentää oman maan LULUCF-sektorin nettonielua. Vastapainona on bioenergian raaka-aineesta tai biopolttoaineista saatava taloudellinen hyöty työllisyysvaikutuksineen.

Suomessa hakatusta puusta valmistetut puutuotteet palvelevat valtaosin ulkomaisia kuluttajia tai välituotteiden kautta ulkomaalaista teollisuustuotantoa. Puutuotteiden valmistuksen päästöt jäävät tuotteita tuottavan maan päästöiksi. Puutuotteiden korvatussa markkinoilla vaihtoehtoisia tuotteita, voidaan välttää vaihtoehtoisten tuotteiden valmistuksessa syntyviä päästöjä. Näin päästöjä jää aiheutumatta siinä maassa, missä puutuotteelle vaihtoehtoinen tuote olisi tuotettu, eikä niitä pystytä sellaisenaan hyödyntämään puutuotteita tuottavan maan alueperusteissa hiilineutraaliuden laskennassa. Hakkuiden lisäyksen aiheuttama LULUCF-sektorin nettonielun vähennys kohdistuu Suomeen ja synnytetty hiilivaje jatkuu kuitenkin Suomen metsissä reilusti yli vuosisadan puolenvälin (Suomen ilmastopaneeli 2019). Mikäli mekaanisen metsäteollisuuden tuotanto kotimaisesta puusta lisääntyy, kasvaa Suomen taseeseen laskettava puutuotteiden hiilinielu. Puutuotteiden nieluvaikutus jää kuitenkin vähäiseksi, koska vain noin 20 % hakatusta puusta päättyy pitkäikäisiin puutuotteisiin (Luonnonvarakeskus 2019). Tällä hetkellä päästöinventaariorissa sovelletaan tuotantoperusteista lähestymistapaa, jossa ei huomioida puutuotteiden todellisia hiilivarastoja valtioiden alueilla, vaan puutuotteiden hajoaminen arvioidaan etukäteen. Puutuotteisiin sitoutuneelle hiille sovelletaan puoliintumisaikaa, joka on sahatavaralle 35 vuotta, puulevyille 25 vuotta ja sellutuotteille 2 vuotta. Näin ollen Suomen taseeseen laskettava puutuotteiden hiilinielu ei muuttuisi, jos puurakentamista lisättäisiin vientipuuta vähentämällä tai jos entistä suurempi osa puutuotteista pidettäisiin entistä pidempään materiaaleina. Puutuotteiden tuotantoperusteinen laskentatapa ei siis kannusta kehittämään pitkäikäisiä puutuotteita tai ylläpitämään kansallista puutuotteiden hiilivarastoa, vaan lisäämään mekaanisen metsäteollisuuden osuutta kotimaisen puun käytössä.

### *Alueet ja kunnat*

Alueisiin ja kuntiin liittyen soveltuvat samat näkökohdat kuin mitä on esitetty valtioiden kesken. Maan sisällä alueet näyttäytyvät eritavalla hiilinielujen kasvattamisen ja säilyttämisen näkökulmasta, koska metsäteollisuutemme ja suurten asuinkeksusten energiatuotannon kustannustehokkaat hankinta-alueet eroavat merkittävästi.

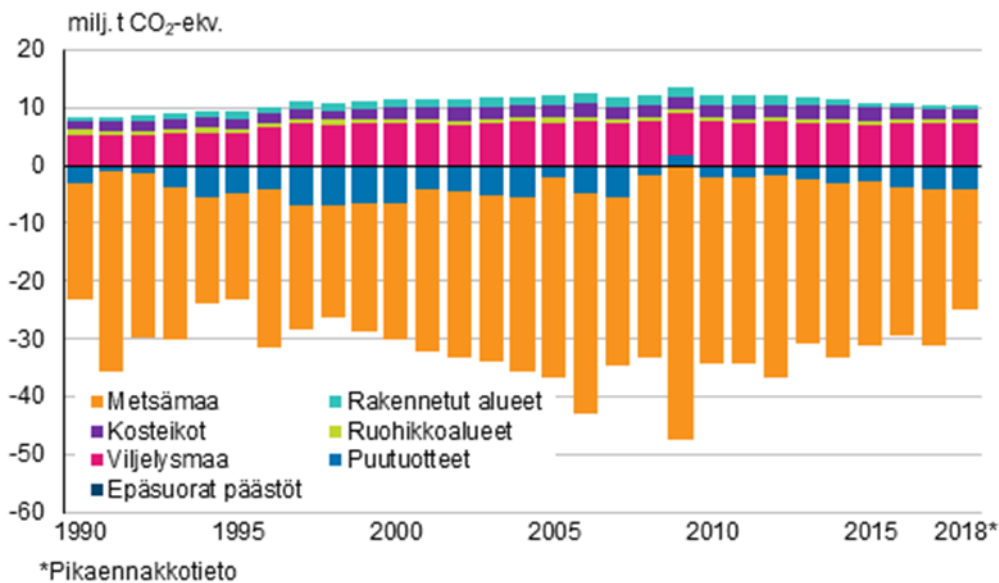
### 6.3. LULUCF-sektorin nettohiilinielun kasvattaminen

#### Valtio

LULUCF-sektori toimii Suomessa selvänä nettohiilinieluna (kuva 4). Metsämaan nettohiilinielu on ollut kokonaisuudessaan viime vuosina yli 25 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. (taulukko 1). Puusto ja kivennäismaiden maaperä ovat nieluja, orgaanisten maiden maaperä on päästöjen lähde sekä metsämaalla (7,1 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2017) että viljelysmaalla (6,4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2017). Kosteikot (ml. turvetuotantoalueet), rakennettu maa-alue (etenkin metsän raivaus rakennetuksi maaksi) ja ruohikkoalueet (enimmäkseen hylättyjä peltoja) toimivat myös päästölähteenä. Puutuotteet ovat toimineet käytännössä hiilinieluna. Maankäyttöluokkien sisällä suurimmat vuosimuutokset päästöissä aiheutuvat yleensä maankäytön muuttuessa tai turvemaita kuivatettaessa. Maankäytön muutokset ovat Suomessa aiheuttaneet nettopäästöjä kun metsämaata on otettu muuhun käyttöön.

Valtion tasolla on ollut käytössä vain vähän nettohiilinielun kasvattamiseen kannustavia toimia. Metsälaki asettaa metsien hoidolle ja käytölle vähimmäisvaatimukset ja kestäväan metsänhoitoon pyritään myös asetuksella ja ei-sitovilla suosituksilla (Tapio 2014) sekä metsäsertifioinneilla. Toisaalta kestäväan metsätalouden rahoituslain mukaisia tukia (Kamera) on voinut saada jopa ojituksen kunnostukseen, mikä on nopeuttanut turpeen hajotusta ja päästöjä. Pellonraivausta on hillitty sillä, että vuoden 2004 jälkeen raivatuille pelloille ei makseta pinta-alaperusteisia tukia kuin erityistapauksissa (Kässi ym. 2015). Toisaalta laajenevilta kotieläintiloilta on edellytetty lannanlevityspinta-alaa, mikä on lisännyt pellon raivausta.

Nettohiilinielua voidaan kasvattaa myös vähentämällä päästöjä kaikissa maankäyttöluokissa. Maaseutuohjelmasta on rahoitettu ympäristökorvauksia, jotka vaikuttavat viljelysmaiden hiilitaseeseen (Regina ym. käsikirjoitus). Näitä ovat tällä hetkellä ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen, orgaaninen kate puutarhakasveilla ja siemenperunalla, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, kerääjäkasvit ja ympäristönurmet. Jossain määrin myös säättösaloitukseen liittyvien tukien voi ajatella parantavan viljelysmaiden hiilitasetta, koska osa viljelijöistä hidastaa sillä turpeen hajoamista turvepelloilla nostamalla pohjaveden pintaa normaalia korkeammalle.



Kuva 4. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous –sektorin kasvihuonekaasupäästöt ja –poistumat vuosina 1990-2018 (milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.). Negatiiviset luvut ilmaisevat poistumia ilmakehästä eli sektori toimii hiilen nettohiilinieluna (Tilastokeskus 2019).

Taulukko 1. LULUCF-sektorin päästöt (+, nettopäästö ilmakehään) ja poistumat (-, nettopoistuma ilmakehästä) maankäyttöluokittain vuosina 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2016, 2017 (milj. t CO<sub>2</sub>-ekv.) (Tilastokeskus 2019)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
<b>Milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.</b>								
<b>Metsämaa</b>	<b>-20,3</b>	<b>-18,4</b>	<b>-23,6</b>	<b>-34,6</b>	<b>-32,2</b>	<b>-28,3</b>	<b>-25,7</b>	<b>-27</b>
Kasvibiomassa								
kivennäismaat	-16,7	-10,7	-12	-22,7	-22	-13,7	-10,4	-10,6
ojitetut turvemaat	-11,2	-12,5	-15,2	-17,4	-15,4	-13,4	-13,3	-13,6
Maaperä, karike ja kuollut puuaines								
kivennäismaat	-8,8	-9,5	-8,9	-6,4	-4,9	-9,2	-9,4	-10
ojitetut turvemaat	12,8	10,8	9,1	8,6	7,3	5,1	4,7	4,3
Ojitettujen turvemaiden CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O-päästöt	3,5	3,4	3,3	3,1	2,9	2,8	2,8	2,8
Muut	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04
<b>Viljelysmaa</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>	<b>7,4</b>	<b>7,5</b>	<b>7,7</b>	<b>7,1</b>	<b>7,2</b>	<b>7,3</b>
Maaperä ja karike								
kivennäismaat	0,1	0,2	1,3	0,7	0,7	0,4	0,4	0,5
ojitetut turvemaat	5,2	5,1	5,3	5,8	6	6,3	6,3	6,4
Muut	0,2	0,3	0,9	1	0,9	0,4	0,5	0,4
<b>Ruohikkoalueet</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>
<b>Kosteikot</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2</b>
<b>Rakennettu alue</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
<b>Puutuotteet</b>	<b>-3</b>	<b>-4,9</b>	<b>-6,6</b>	<b>-2</b>	<b>-2,2</b>	<b>-2,7</b>	<b>-3,6</b>	<b>-4</b>
<b>Epäsuorat N<sub>2</sub>O-päästöt</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>-14,8</b>	<b>-14</b>	<b>-18,9</b>	<b>-24,4</b>	<b>-22,1</b>	<b>-20,1</b>	<b>-18,5</b>	<b>-20,4</b>

Suurimmat hehtaarikohtaiset vähennykset kasvihuonekaasupäästöissä voidaan saada aikaan turvemaidella ja siksi Suomen LULUCF-sektorin kannalta olennaisin asia on turvemaiden maankäyttö. Turvepellot muuttuvat ajan myötä huonosti tuottaviksi, kun viljava turvekerros maatuu tai ojitus heikkenee. Nämä pellot ajautuvat laajaperäisessä käytössä oleviksi pelloiksi (esim. luonnonhoitopelto), ja tällä hetkellä viljelysmaasta 30 000 ha onkin käytössä, joka ei liity ruuantuotantoon (Kekkonen ym. 2019). Jos nämä pellot poistettaisiin käytöstä vettämällä ja lisäksi lisättäisiin jonkin verran metsitystä ja peltojen kasvipeitteisyyttä, voisi vuotuinen päästövähennys LULUCF-sektorilla olla jopa 4,6 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv.

Luonnonvarakeskus arvioi metsäkadon välttämisen ja metsityksen lisäämisen vaikutuksia LULUCF-sektorin nettoinieluun (Kärkkäinen ym. 2018). Selvityksen mukaan politiikka, jolla aktiivisesti metsitettäisiin käytöstä poistuneet ja poistuvat pellot, lopetettaisiin turpeen energiakäyttö ja pellonraivaus turvemaidella, olisi nettoinielu noin 3 milj. CO<sub>2</sub>-ekv. tonnia suurempi vuonna 2050 kuin nykyisen kehityksen jatkuessa sellaisenaan. Lisäksi melko mittavilla turvepeltoihin kohdistuvilla toimilla arvioitiin saavutettavan 1-3 milj. tonnin lisäpäästövähennys. Näin iso päästövähennys vaatisi jo joidenkin turvepeltojen vettämistä niiden turpeen hajoamisen lopettamiseksi.

Keinoina yllä mainittujen toimien toteutukseen voisivat olla metsitystuki, maankäytön muutokseen kohdistuvat kiellot ja maksut, korvaukset hiilen sidonnasta ja muut uudet toimet esim. Maaseutuohjelmassa (Kärkkäinen ym. 2018). Myös tavoitteen saavuttamiselle haitallisten maatalouden tukijärjestelmien purkaminen voi tulla kyseeseen.

#### *Alueet ja kunnat*

Maakuntien ja kuntien mahdollisuudet vaikuttaa maankäytön päästöihin ja nieluihin ovat nykyisin vähäiset. Turvetuotannon luvitusta hoitaa Aluehallintovirasto ja siinä noudatetaan Suo- ja turvestrategian periaatetta, jonka mukaan soita muuttava toiminta tulee kohdentaa alueille, jotka eivät enää ole luonnontilaisia. Aiemmin alle 10 ha turvetuotantoalueen pystyi perustamaan ilman lupaa, mutta nykyään kaikki turvetuotanto on luvanvaraista. Muuhun tarkoitukseen kuin turvetuotantoon suon voi kuitenkin kuivattaa ilman lupia, mikä merkitsee sitä, että maanomistaja pystyy kuivattamaan luonnontilaisen suon ensin esim. pelloksi ja hakemaan lupaa turvetuotantoon vasta sen jälkeen.

Kuntien pääasiallinen keino nielukehityksen kannalta haitallisten maankäytön muutosten hillintään on kaavoitus. Kaavoitusta tuntevien asiantuntijoiden haastatteluissa tuli esiin, että tiiviin yhdyskuntarakenteen merkitys metsäkadon välttämässä ymmärretään hyvin ja ilmastovaikutusten kytkemistä kaavan laatimiseen kannatettiin (Kärkkäinen ym. 2018). Metsänhävitysmaksu sai kannatusta ja pellonraivauksen vähentämiseen tähtäävät lannankäsittelyn muutokset nähtiin tärkeänä.

#### **6.4. Hiilijalanjälki ja –kädenjälki**

Valtioissa, alueissa tai kunnissa päästöjä vähentävät hallinto, yritykset, yhdistykset ja kansalaiset. Yritysten, organisaatioiden ja kansalaisten pyrkiessä vähentämään toimintansa kasvihuonekaasupäästöjä tarkastelunäkökulma laajenee globaaliksi. Yritysten toiminnan, tuotteiden ja palveluiden kasvihuonekaasupäästövaikutukset arvioidaan yleisesti niiden aiheuttaman hiilijalanjäljen avulla. Hiilijalanjälki pyrkii arvioimaan toiminnan, tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä yli maiden rajojen. Hiilijalanjälki arvioidaan tuotteille ja palveluille elinkaariarviointimenetelmällä, jonka toteuttamiseen on olemassa kansainväliset standardit (ISO 14040-14044) (ISO 2006) ja toteutusohjeita (esim. JRC 2010). Hiilijalanjäljen laskentaan on myös olemassa standardi, ISO 14067 (ISO 2018).

Biomassa on tyypillisesti oletettu hiilijalanjälkilaskelmissa nollapäästöisenä siitä huolimatta, että hiilijalanjälkistandardin (ISO 14067) mukaan maankäyttövaikutukset tulisi huomioida IPCC:n laskentamenetelmiä noudattaen (standardin kohta 6.4.9.6). Jos vaikutukset jätetään huomioimatta, tämä tulisi standardin mukaan perustella hiilijalanjälkilaskennan yhteydessä.

Yksilöiden hiilijalanjäljen pienentämisen suunnittelu tapahtuu erilaisia hiilijalanjälkilaskureita käyttäen, joissa on elinkaariarviointeihin pohjautuvaa tietoa eri kulutusalueiden päästöistä (esim. Ilmastodieetti.fi-laskuri). Käytössä olevien kansalaisten, yritysten ja organisaatioiden hiilijalanjälkilaskureiden elinkaariarviointitiedoista puuttuvat kuitenkin pääsääntöisesti LULUCF-sektorin päästöt ja nielut. Erityisesti ruuan ja muun maankäytöltään intensiivisten tuotteiden hiilijalanjälkituloksiin tällä on suuri merkitys. Toimet, joilla yritykset, yhdistykset ja kansalaiset pyrkivät vähentämään hiilijalanjälkeään, kohdentuvat vain osittain asuinkuntaan, -alueeseen tai -maahan. Yritysten hiilijalanjälkiprofiilissa voi ulkomailta tulevien raaka-aineiden osuus olla merkittävä. Vajaa puolet suomalaisen hiilijalanjäljestä muodostuu maamme rajojen ulkopuolella (Nissinen ja Savolainen 2019). Kansalaisten hiilijalanjäljestä noin neljännes on peräisin asumisesta, joiden päästöt kohdentuvat enimmäkseen asuinkuntaan. Liikenteen päästöistä iso osa kohdentuu asuinkunnan ja -alueen ulkopuolelle. Kansalaisten käyttämän ruoan ympäristövaikutukset kohdentuvat kaupunkien ulkopuolelle ja merkittävä osa vaikutuksista jää maamme ulkopuolelle (tuontituotteet). Palvelujen vaikutukset kohdentuvat enimmäkseen asuinkuntaan ja -alueeseen, koska palveluiden päästövaikutukset syntyvät pitkälti palvelurakennusten energiakäytön kautta.

Kunnat ovat avainasemassa, kun kansalaisten ja yhdistysten päästöjä pyritään vähentämään. Kunnat voivat myös edesauttaa yritysten toimipaikan vähäpäästöisyyden kehittymistä muun muassa tuomalla teollisuusalueille vähäpäästöisen kaukolämpöverkon. Kunnat voivat vaikuttaa päästöihin mm. aluesuunnittelun, liikennejärjestelyjen sekä julkisten hankintojen ohjaamisen avulla.

Valtio, yritys, yhdistys ja yksittäinen ihminen voivat vaikuttaa omalla toimillaan toisten tahojen hiilijalanjäljen pienentämiseen ja laskea tämän hyödyn itselleen hiilikädenjälkenä. Hiilikädenjälki tarkoittaa

kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä tietyn asiakkaan toiminnoissa, joka saadaan aikaan kun asiakas ottaa käyttöön ratkaisun, joka vähentää (hiilikädenjäljen verran) asiakkaan toiminnan päästöjä perustilanteeseen verrattuna. Hiilikädenjälki määritellään perustilanteen ja ratkaisun seurauksena muuttuneen tilanteen hiilijalanjälkien välisenä erotuksena (VTT ja LUT 2018). Kaksoislaskennan välttämiseksi sama päästövähennys tulisi kuitenkin huomioida vain yhden toiminnon raportoinnissa.

Hiilikädenjäljessä tuotteen, prosessin tai palvelun ilmastohyödyt kohdentuvat käyttäjälle. Kun esimerkiksi yritys tuottaa hiilikädenjälkeä asiakkaalleen, asiakas pystyy alentamaan omaa hiilijalanjälkeään. Toistaiseksi yritystoiminnan ilmastoystävällisten tuotteiden ja palveluiden päästöhyötyjä tavanomaisiin tuotteisiin ja palveluihin verrattuna ei ole otettu huomioon minkään kunnan tai alueen hiilineutraaliuden tavoittelussa, mutta näiden asioiden seuraaminen voi olla muutoin kunnan tai alueen puhtaan teknologian strategian mukaista.

## 7. KOMPENSAATIOIDEN HYVÄKSYTTÄVYYDESTÄ

### 7.1. Yleinen lähtökohta

Kompensaatioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä yleisesti sitä, että jokin toimija hankkii oman toiminta-alueensa ulkopuolelta päästövähennysyksiköitä, joilla hyvitetään toimijan jäljelle jääneet kasvihuonekaasupäästöt. Päästövähennysyksiköllä tarkoitetaan mitä tahansa yhden hiilidioksidiekvivalenttitonnin (1 t CO<sub>2</sub>-ekv.) suuruista päästövähennystä edustavaa hyvin määriteltyä yksikköä, joilla voidaan päästöjen hyvitysnäkökulmasta käydä kauppaa tai niistä voi saada yksikköhinnan tai tuen. Kompensaatioilla on roolia osana ns. hillintätoimien hierarkiaa, jonka mukaan toimijoiden tulee ensiksi välttää päästöjä, toiseksi vähentää päästöjä niin pitkälle kuin mahdollista ja lopuksi käyttää kompensaatioita jäljelle jääneiden päästöjen hyvittämiseen.

Kompensaatioiden kautta hankittavat päästövähennysyksiköt voivat perustua joko lain velvoittamiin tai vapaaehtoisiin markkinoihin. Lain velvoittamista markkinoista, joista kompensaatioita voi hankkia, käy esimerkiksi Euroopan unionin päästökauppa (EU ETS). Vapaaehtoisilla markkinoilla vaihdetaan sellaisista hankkeista syntyneitä päästövähennysyksiköitä, jotka eivät liity lain velvoittamiin markkinoihin.

Lakiin perustuvat päästövähennysyksiköt on tavallisesti osoitettu tietyille kohderyhmälle ja niiden piiriin liittyvät hankkeet kohdistuvat joihinkin erikseen rajattuihin päästö/nielualueeseen ja niitä sovelletaan rajatulla maantieteellisellä alueella, jolla toimivat tahot ovat hyväksyneet yhteiset pelisäännöt. Lisäksi päästövähennyksiä pystyvät tarjoamaan vain määrätyt toimijat. Päästöjen vähenemisen todentaa jokin kolmas taho, jolla on käytössään kompensaatiostandardin mukaiset mittaukset. Tällä varmistetaan kaupan olevan päästövähennysyksikön hyväksyttävyyden.

Vapaaehtoiset markkinat voivat olla joko kotimaisia tai ulkomailla toimivia. Jälkimmäiset päästövähennysyksiköt syntyvät erilaisissa hankkeissa ympäri maailmaa, pääasiassa kehittyvissä maissa. Hankkeet voivat perustua joko teknologiaan, kuten uusiutuvan energian lisäämiseen, tai maankäytön muutoksiin, kuten metsitykseen. Hankkeet voivat olla skaalaltaan suuria (patohankkeet) tai mikrotason toimintaa (kehitysmaiden kotitalouksien puhtaasti palavat liedet) (Kuitunen ja Ollikainen 2014). Myös vapaaehtoisilta päästövähennysyksiköiltä edellytetään tiettyjen kriteerien täytymistä niiden käytön hyväksyttävyyden varmistamiseksi (ks. kohta 7.3). Päästöjen vähenemisen todentaa useimmiten myös jokin kolmas taho.

Valtioiden, alueiden ja kuntien käyttäessä hiilineutraaliustavoitteensa saavuttamiseksi kompensaatioiden käyttö ei ole ongelmatonta muun muassa kaksoislaskennan toteutumisuhan takia. Seuraavassa on arvioitu eri kompensaatiojärjestelmien vahvuuksia ja heikkouksia sekä tuotu esiin mahdollisia kehittämisajatuksia.

### 7.2. EU:n päästökauppajärjestelmän päästöoikeusyksiköt

EU:n päästökauppajärjestelmän (ETS) lisäksi maailmalla on useita muita pakollisia päästökauppajärjestelmiä muun muassa Kaliforniassa, Kiinassa, Etelä-Koreassa, Uudessa Seelannissa ja Kanadassa. Päästökauppajärjestelmissä erikseen määrätyt toimijat voivat ostaa virallisilta päästöoikeusmarkkinoilta päästöoikeuksia päästöjensä hyvittämiseksi. Näiden päästökauppajärjestelmien säännöt koskevat kutakin maantieteellistä aluetta eivätkä ne mahdollista päästöoikeuksien siirtämistä järjestelmästä. Poikkeuksen muodostavat päästökauppajärjestelmät, jotka

ovat linkittyneinä toisiinsa; esimerkiksi Norja ja Islanti ovat linkittyneet EU:n päästökauppaan, ja myös Sveitsin osalta linkittymispäätös on tehty.

EU-valtiot voivat periaatteessa hyödyntää ETS:ää hiilineutraaliutensa tavoittelussa siten, että maan päästöistä vähennetään ETS:n piirissä olevien yritysten muualta EU:sta ostamien päästöoikeusyksiköiden osoittama päästö määrä. Tällaisen lähestymistavan käyttö kuitenkin edellyttää, että myös tulevaisuudessa on nykyisenkaltainen päästökauppajärjestelmä. EU:n päätökset kattavat päästökaupan piirteet ja oikeuksien alkuaan vuoteen 2030.

EU-valtiot voivat ostaa päästöoikeuksia pois päästökauppajärjestelmästä. Muun muassa Ruotsi on toiminut näin. Toiminnalla ei ole kuitenkaan haettu hiilineutraaliutta, vaan tavoitteena on ollut purkaa päästöoikeuksien ylijäämää markkinoilta ja tällä tavalla vaikuttaa myös päästöoikeuksien määrän kautta päästöoikeuksien hintaan.

Myös kunnat, päästökauppaan kuulumattomat laitokset, yritykset, organisaatiot ja yksityiset kansalaiset voivat ostaa nykyisin ETS:n päästöoikeuksia. Ostetuilla päästöoikeuksilla voi kompensoida omia päästöjään, jos oikeuksia ei myydä takaisin ja ne mitätöidään. Tällöinkin haasteena on se, että EU:n päästökaupassa on nykyisellään ylijäämää päästöoikeuksista, ja päästökauppajärjestelmän markkinavarauksen sääntöjen mahdollistamana EU saattaa automaattisesti poistaa päästöoikeuksia käytöstä vuodesta 2023 alkaen. Näin ollen tällä hetkellä mitätöidyn päästöoikeuden lisäisyys on epävarma.

### 7.3. Vapaaehtoisten kompensatiomarkkinoiden päästövähennyksiköt ulkomailla

Vapaaehtoiset kompensatiojärjestelmät ovat yleensä erilaisten ei-valtiollisten organisaatioiden synnyttämiä. Tunnetuimpia tällaisia järjestelmiä ovat markkinoita hallitsevat VCS (Verified Carbon Standard) ja WWF:n Gold Standard. Niissä luodaan kaupattavia päästövähennyksiköitä kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien tai hiilinielua lisäävien hankkeiden avulla.

Päästövähennyksiköiden hyväksyttävyyden varmistamiseksi on olemassa erilaisia todentamisjärjestelmiä standardeja tai ohjelmia, jotka määrittelevät kriteerit päästövähennyksiköiden luomiselle. Esimerkiksi VCS-järjestelmän piiriin kuuluvat päästövähennyshankkeet tuottavat VCU (Verified Carbon Unit) – päästövähennyksiköitä, joiden pitää täyttää seuraavat kriteerit (Kuitunen ja Ollikainen 2014):

- Todellisia: Kaikkien päästövähennysten tapahtuminen on todistettava vapaaehtoisten hiilidioksidisyksikköjen saamiseksi.
- Mitattavia: Kaikissa vapaaehtoisiksi hiilidioksidisyksiköiksi esitetyissä päästövähennyksissä on käytettävä tunnustettuja menetelmiä.
- Pysyviä: Muualle laskettujen päästöjen hyvittämiseksi on tärkeää, että vapaaehtoiset hiilidioksidisyksiköt edustavat pysyviä päästövähennyksiä eikä kehityssuunta todennäköisesti muutu.
- Lisäisiä: Projektipohjaisten päästövähennysten validiteetin tärkein tekijä on, että vähennykset ovat ylimääräisiä eli vähennysten tuloksena syntyy vähemmän päästöjä kuin ilman vähennysprosessia.
- Puolueettomasti todennettavia: Puolueettoman kolmannen osapuolen todennuslaitoksen on todennettava kaikki vapaaehtoisiksi hiilidioksidisyksiköiksi sertifioitavat päästövähennykset

Vapaaehtoisissa kompensatiojärjestelmissä noudatetaan samoja periaatteita kuin pakollisissa päästökauppajärjestelmissä (Kuitunen ja Ollikainen 2014):

- Päästövähennyksikön tuottamishankkeen suunnittelija hakee ennakolta vahvistuksen siihen, että hanke täyttää valitun standardin tai ohjelman (esim. VCS, Gold Standard, CDM) mukaiset kriteerit.
- Kun hanke alkaa tuottaa vähennyksiä, ulkopuolinen tarkastaja verifioi ne.
- Hankkeen omistaja saa yksiköt ja ne lasketaan liikkeelle omilla, rekisterissä oleville sarjanumeroilla.
- Yksiköt siirtyvät kaupan kautta uusille omistajille ja kun ne käyttävät yksiköt kompensatioiksi, yksiköt eliminoidaan (poistetaan rekisteristä).
- Eli: standardi: kriteerit – verifiointi – rekisteröinti - myynti – eliminointi.

Yhteenvetona voi todeta, että suurimpien vapaaehtoisten kompensatiomarkkinoiden toimijoiden tarjoamia päästövähennyksiköitä pidetään maailmalaajuisesti yleisesti hyväksyttävänä. Sama pätee myös pienempien toimijoiden päästövähennyksiköihin jos niiden perustan voidaan osoittaa täyttävän edellä esitetyt kriteerit.



Poikkeuksena ovat etenkin LULUCF-sektorin alueelta päästövähennysyksiköt, joiden hyväksyttävyyteen on liittynyt ongelmia. Asiaa on käsitelty kohdassa 7.4.2.

Useimmiten vapaaehtoisille markkinoille tulevat hankkeet sijaitsevat Kiinassa, Pohjois-Amerikassa tai muissa kehittyvissä maissa. Euroopassa ei ole ollut käytännössä hankkeita suurimpien toimijoiden vapaaehtoisten markkinoiden piirissä, sillä Euroopan Unionin päästökauppa estää esimerkiksi uusiutuvan energian hankkeet vähennysten kaksoislaskennan takia. Tilanne voi olla kuitenkin muuttumassa lähitulevaisuudessa. Suosituimpia hankkeita muualla ovat jo jonkin aikaa olleet uusiutuvan energian lisääminen ja seuraavaksi eniten on tehty erilaisia metsitys- ja maankäyttöhankeita.

## 7.4. Päästöjen kompensointi kotimaisilla vapaaehtoisilla päästövähennysyksiköillä

### 7.4.1 Lähtökohdat

Suomessa on havaittavissa kasvavaa kiinnostusta kompensoida päästöjä nimenomaan kotimaisilla päästövähennyskohteilla, joilla vähennetään päästöjä tai kasvatetaan nieluja. Kiinnostusta ovat osoittaneet niin kunnat, yritykset, organisaatiot kuin yksittäiset kansalaiset varsinkin kun tavoitellaan hiilineutraaliutta. Tähän kysyntään on jo olemassa useita vapaaehtoisia päästövähennysyksiköitä tarjoavia toimijoita, joiden määrä saattaa olla kasvussa. Tämän selvityksen tarkoituksena ei ole käydä näitä suunnitelmia tai jo alkaneita järjestelmiä läpi. Tässä yhteydessä tuodaan näkemyksiä, joita sekä päästökompensaatiota ostavat ja tarjoavat tahot voivat hyödyntää omia päätöksiä tehdessään.

Kotimaiset vapaaehtoisiin kompensointeihin perustuvat päästövähennysyksiköt voivat periaatteessa löytyä kaikilta kolmelta EU:n ilmastopolitiikan sektorilta eli päästökauppa-, taakanjako- ja LULUCF-sektoreilta. Taakanjakosektoriin kuuluvat liikenteen, erillislämmityksen, maatalouden (muut kuin maaperän CO<sub>2</sub>-päästöt), F-kaasujen, työkoneiden ja jätehuollon kasvihuonekaasupäästöt. Kotimaisten kompensointitoimien mielenkiinto kohdistuu etenkin LULUCF-sektorille, josta on löydettävissä erilaisia erityisesti taakanjakosektorin toimiin verrattuna kustannustehokkaita päästövähennyskeinoja. Suomessa esillä olleet kotimaiset päästökauppa-kohteet vapaaehtoiseen päästökompensointiin on pyritty löytämään EU:n päästökaupparegion ulkopuolelta, koska ETS:n päästöoikeuksien käyttö etenee omilla pelisäännöillään ja pitämällä nämä järjestelmät erillään pystytään tuomaan vapaaehtoisille päästövähennysyksiköille selkeämpi rooli päästövähennyspolussa (esim. Fortum, Suomen Luonnonsuojeluliitto 2019, Tähtinen ja Kärki 2019).

Suomen valtion päästötaseen näkökulmasta kompensointitoimien kohdentaminen LULUCF-sektorin päästöjen vähentämiseen ja nielujen kasvattamiseen on toivottavaa, koska LULUCF-nettonielun kasvattaminen kompensointitoimilla helpottaa Suomen LULUCF-sektorin EU:n ns. ”no debit rule” -tavoitteen saavuttamista. Jos Suomen LULUCF-sektorille syntyy EU:n regulaation mukainen laskennallinen nielu vuosina 2021-2030, Suomi pystyy käyttämään sitä enimmillään 4,5 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. edestä vuosina 2021-2030 taakanjakosektorin päästöjen kompensoimiseen. Vaihtoehtoisesti ylimääräinen nettopoistuma on mahdollista myydä niille EU:n jäsenmaille, joilla LULUCF-sektori on laskennallinen päästölähde. Toisaalta kompensointitoimissa piilee myös riski, että maankäyttösektorin luonnonvarojen käyttöä lisätään kompensointialueiden ulkopuolella..

Jotta yksittäisten toimijoiden toteuttamat LULUCF-sektorin päästöjä vähentävät tai nieluja lisäävät toimet eivät aiheuttaisi maan sisällä hiilivuotoa, toimien tuottamat hyödyt tulisi sulkea pois valtion LULUCF-velvoitteiden laskennan piiristä. Tällaista kirjausta ei kuitenkaan EU:n LULUCF-asetuksessa ole, joten toistaiseksi kaikki LULUCF-sektorilla toteutettavat toimet tulevat huomioiduksi kunkin jäsenmaan taseessa sellaisina kuin ne toteutuvat, ja toteutuvaa tasetta verrataan kunkin maankäyttöluokan vertailutasoihin. Jäsenmaat voivat kuitenkin toteuttaa EU-vaatimuksia tiukempia kansallisia velvoitteita, joiden puitteissa yksittäisten toimien lisäisyyttä voitaisiin pyrkiä varmistamaan. Tällöin tulisi luoda mekanismit, joilla varmistettaisiin, ettei yksittäisten kompensointitoimien tuomia hyötyjä käytettäisi no debit rule -tavoitteen täyttämässä tai nettopoistuman hyödyntämismahdollisuutena. Käytännössä ratkaisumalli johtaisi siihen, että kansallisten tavoitteiden tulisi olla EU-tavoitteiden yläpuolella ainakin kompensointitoimien verran. Ainoastaan tällä tavalla voitaisiin varmistaa päästökompensaatioiden lisäisyys ja vaikutusten pysyvyys. Tämä tarkoittaisi sitä, että asiasta tehtäisiin valtiollinen menettelyä koskeva päätös ja päästövähennysyksiköitä mahdollistavista LULUCF-hankkeista vaikutuksineen pidettäisiin erillistä seurantaan jonkin sovittuun tahon toimesta. Tämä näkökulma liittyy erityisesti metsien sekä peltojen ja soiden hiilinielujen kasvattamiseen liittyviin toimiin (luvut 7.3.2 ja 7.3.3).

Kompensaatiomarkkinoiden päästövähennysyksiköiden kohdentuminen taakanjakosektorille olisi valtion päästötaseen näkökulmasta myös tavoiteltavaa, sillä taakanjakosektorin päästöjen vähentämiseen EU-jäsenmailla on kansalliset

tavoitteet ja siten kompensatioiden kautta tuleva hyöty tulisi täysimääräisenä laskettua Suomen päästövähennysten hyväksi. EU:n lainsäädäntö mahdollistaa EU-valtioiden sisäisen päästökauppajärjestelmän luomisen taakanjakosektorin päästöjen vähentämiseen. Ainostaan Norja on tiettävästi harkinnut maan sisäistä päästökauppaa (IETA 2013).

Kuten muidenkin päästövähennysten määrittämisen kohdalla, myös kotimaan taakanjakosektorilla tapahtuvien päästövähennysten hyväksyttävään määrittämiseen liittyy haasteita. Taakanjakosektorilla lähtökohtana on päästöjen lineaarinen väheneminen valtion tasolla kohti tavoitevuoden päästötasoa. Päästövähennysyksiköiden määrän tulee perustua tehdyn toimenpiteen ja siihen liittyvän perusuran väliseen erotukseen.

Kotimaisten kompensatiomarkkinoiden yhteydessä on toimittava siten, ettei kaksi aluetta tai kuntaa laske samaa päästövähennystä hyväkseen. Tämä on vältettävissä muun muassa sopimusmenettelyin kuntien välillä. Toinen varaa toisen alueella tapahtuneen päästövähennyksen. Yritysten, organisaatioiden ja kansalaisten kotimaasta hankkimissa kompensatioissa pääsääntö on se, että päästövähennys lasketaan sille kunnalle tai alueelle, jossa päästövähennys tapahtuu.

Kotimaisten kompensatiopäästövähennysyksiköissä tulee toteutua samat kriteerit, jotka on esitetty ulkomaalaisten kompensatiomenettelyjen yhteydessä (luku 7.2).

#### 7.4.2 Metsien hiilikrediitit

Metsien nettonielulla on Suomessa tärkeä rooli, minkä takia se on nähty yhtenä merkittävänä päästöjen kompensatioita tuottavien päästövähennysyksiköiden hankealueena. Tässä yhteydessä metsien puuston ja metsämaan päästövähennysyksiköstä käytetään nimitystä hiilikrediitti.

Suomessa kannattaa hyödyntää järjestelmän rakentamisessa muualla maailmalla kerättyjä kokemuksia. Hyvänä esimerkkinä toimii erityisesti Kalifornian metsien hyvitysjärjestelmä, josta on voinut hankkia hiilikrediittejä käytettäväksi Kalifornian päästökauppajärjestelmässä jo vuodesta 2006. Järjestelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä 2, josta otetaan tässä yhteydessä keskeisimmät asiat esiin. Järjestelmä kattaa seuraavat osa-alueet (Marland ym. 2017):

- *Uudelleenistutus*: Hanke ennallistaa metsän alueelle, joka ei ole riittävän metsäinen, kuten esimerkiksi muuhun maankäyttöön raivatulle entiselle metsämaalle.
- *Hiilen sidontaa edistävä metsänhoito*: Hankkeet muuttavat metsänhoitoa siten, että se ylläpitää tai kasvattaa metsän hiilivarantoa verrattuna vertailuarvoon.
- *Vältetty metsän hävittäminen*: Hanke estää metsämaan muuttamisen ei-metsämaaksi, kuten peltomaaksi.

Nämä samat näkökohdat ovat myös mukana EU:n LULUCF-asetuksessa. Lisäksi Suomessa tähän metsämaan kompensatiion toimenpidealueeseen on aiheellista lisätä:

- *Metsämaan turvemaiden päästöjen vähentäminen*: Hankkeet pienentävät olemassa olevia ihmistoiminnan seurauksena syntyneitä metsämaan maaperän päästölähteitä, kuten suometsien ojituksia tai/ja estävät turvepohjaisten maa-ainesten muuttamisen metsänhoitotoimenpiteiden kautta päästölähteiksi.

Kalifornian kompensatioprotokollan (The Forest Offset Protocol) mukaan päästövähennysten tulee olla 1) todellisia 2) lisäisiä 3) laskettavia 4) pysyviä 5) todennettuja sekä 6) toimeenpantavia. Tämän lisäksi kompensatiojärjestelmän tulee olla läpinäkyvä, luotettava sekä rehellinen. Näistä kriteereistä etenkin lisäisyys ja pysyvyys ovat haasteellisimmat osoittaa.

Järjestelmän ilmastovaikuttavuuden uskottavuuden takaamiseksi hiilikrediittejä tuottavat projektit on jaettu jaksoihin, joista kunkin vähimmäispituus on 25 vuotta. Mikäli projekti päättyy, tulee jokaisen luodun päästövähennysyksikön edustaman hiilinielun säilyä vähintään 100 vuotta. Projektin ollessa aktiivinen säilytysvelvoite on 10 vuotta (ks. tarkemmin liite 2).

Metsämaan turvemaiden päästöjen vähentämisestä puuttuu vielä selkeä tieteellinen aineisto, jolla voitaisiin ilman paikkakohtaisia mittauksia osoittaa toimenpiteiden todellinen päästövähennys. Metsän turvemaiden ominaisuudet eroavat merkittävästi toisistaan ja nämä erot on otettava huomioon lopputulosten arvioinnissa ja



päästövähennystoimenpiteiden suunnittelussa. Päästövähennyskeinoina ovat olleet esillä alueen pohjaveden nosto, hakkuun toteutus yläharvennuksena ja päätehakkuiden välttäminen kokonaan alueella.

Jotta metsien nielun kasvattamisen tai päästöjen vähentämiseksi pystytään luomaan vapaaehtoiset markkinat, tulee päästövähennystonnin hinta olla riittävän houkutteleva metsänomistajalle. Tosin osalle metsänomistajille ei mahdollisesti raha ole ainoa motivaatio hiilinielujen kasvattamiselle. Lisäksi on todettava että metsän lopullinen käyttö sekä metsätalousmaasta tuotetun puun käyttö määrittävät myös lopulliset päästöt. Esimerkiksi sertifioimalla turvemaalla kasvava puu tiettyyn ilmastokestävään käyttötapaan voitaisiin hiilen sidontaa parantaa entisestään, ja generoida jopa enemmän hyötyjä kuin pelkän maankäytön kautta.

Tutkimusten valossa hiilikrediittien käytön salliminen osana velvoitemarkkinaa Kalifornian ja Uuden Seelannin päästökaupassa ei ole ollut erityisen onnistunut. Nurmen ja Ollikaisen (2019) raportti sisältää yksityiskohtaisen katsauksen tutkimuskirjallisuuteen saaduista kokemuksista, joissa ongelmiksi ovat nousseet merkittävä hiilivuoto, lisäisyys ja pysyvyys. Hiilivuodolla tarkoitetaan hiilinieluhyvitysten osalta sitä, että kompensatiomenettelyn seurauksena tapahtunut lisäys hiilinieluissa johtaa hiilinielun vähenemiseen toisaalla. Tämä liittyy muun muassa siihen, että alueen puunjalostusteollisuus hankkii tarvitsemansa puun jostakin muualta kuin metsäalueelta, jossa on pitäydytty hakuista kompensatiomenettelyn takia. Lisäisyys tarkoittaa metsän hiilinieluhyvitysten osalta sitä, että hiilinielujen kasvattamiseen tähtäävää toimenpidettä vastaan myönnetään hiilikrediittejä vain siltä osin, kun hiilinielun kasvu on seurausta kyseisestä toimenpiteestä eikä olisi tapahtunut muuten osana normaalia kehitystä. Lisäisyys määritellään perusuran kautta, joka on laskennallinen arvio hiilinielun muutoksista ilman tiettyä toimenpidettä. Vain perusuran ylittävä osa hiilinielua on lisäistä ja ongelmana on siis perusuran määrittämisen vaikeus mm. metsätalouden toimintaympäristössä. Kolmantena ongelmakohtana oleva pysyvyys liittyy synnytetyn hiilivaraston pitkäaikaisuuteen. Keskeinen kysymys on, että kuinka taataan nieluhyvityksestä maksaneelle asiakkaalle, ettei tulevaisuudessa hakkuiden tai metsätuhojen kautta jo synnytyt tai etukäteen myydyt tulevaisuuden hiilivaraston kasvattamiset valu hukkaan.

Eräs keino lisäisyyden ja pysyvyyden riskien pienentämiseen on tehdä hiilikrediittien arviointiin mahdollisimman huolellinen perusuraskenaario ja arvioida sen pohjalta hiilidioksidin ajan suhteen tapahtuvan sitoutumisen ja vapautumisen yhteissäteilypakotearviot (IPCC 2013) esimerkiksi 100-vuoden aikajänteellä, jotta korvaus olisi mahdollisimman täydellinen. Tämän pohjalta arvioidaan maksettavan hiilikrediitin arvo.

Nurmi ja Ollikainen (2019) ottavat vielä esiin metsien päästövähennysyksiköiden hintaan liittyvän haasteen. Hiilikrediittien mukana syntyy ns. transaktiokustannuksia, jotka liittyvät perusuran määrittämiseen, mittaukseen, valvontaan, vahvistamiseen, toimeenpanoon ja neuvotteluun. Transaktiokustannukset nostavat yhden hiilikrediitin synnyttämisen rajakustannusta yli sen teoreettisen minimin.

### 7.4.3 Peltomaan ja soiden hiilikrediitit

Peltomaat ja suot voivat olla kasvihuonekaasupäästöjen lähde tai nielu. Niiltä tulevat kasvihuonekaasupäästöt voivat olla metaania, dityppioksidia tai hiilidioksidia (hiilivaraston pieneneminen). Nielun tapauksessa maaperä varastoi kasvillisuuden sitomaa hiiltä enemmän kuin sitä vapautuu (hiilivarasto kasvaa). Aktiiviviljelykäytössä olevat peltomaat ovat joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta päästölähteitä. Luonnontilaiset suot ovat enimmäkseen hiilinieluja.

Peltomaiden ja soiden hiilikrediitteihin liittyvät samat hiilivuoto-, lisäisyys- ja pysyvyysongelmat kuin metsämaan yhteydessä (luku 7.4.2). Näiden ongelmien välttäminen on hyväksyttävien peltomaiden ja soiden hiilikrediittien edellytys.

Peltomaan hiilikrediittejä tarjoavat hankkeet on suunniteltu lähinnä seuraaville osa-alueille:

- *Peltojen hiilivaraston kasvattaminen.* Hanke lisää jo orgaanisesta aineksestä köyhtyneen maan (kivennäismaan) hiilivarastoa. Keinoina ovat ensisijaisesti hiilivarastoa säilyttävät viljelykäytännöt ja hiilisyötteen kasvattaminen (kuten kerääjäkasvien käyttö).
- *Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen.* Hanke vähentää olemassa olevan turvepellon kasvihuonekaasupäästöjä. Keinoina ovat lähinnä kasvipeitteisyyden lisääminen, metsitys ja pohjaveden nosto (säätosalaajitus tai ojien tukkiminen).

Näistä jälkimmäisen hehtaarikohtainen päästövähennyspotentiaali on selvästi suurempi. Turvepeltojen vuotuiset päästöt voivat vähentyä jopa kymmeniä tonneja hehtaarilta maankäyttöä muuttamalla (taulukko 2), kun kivennäismailla päästään tyypillisesti alle kahden tonnin hiilivaraston kasvuun CO<sub>2</sub>:ksi muunnettuna (Minasny ym. 2017).

Suurta epävarmuutta liittyy sekä peltojen hiilivaraston kasvattamiseen että toimenpiteen aiheuttamaan hiilivaraston pysyvyyteen. Vaikka hiilivaraston kasvattaminen teoreettisesti hallitaankin, ongelmana on edelleen saada peltojen olosuhteet riittävän pitkäksi aikaa hiilivaraston kasvattamisen kannalta suotuisaksi. Esimerkiksi 25 vuoden viljelysopimus hiilivaraston kasvattamiseksi ei riitä, jos tämän jälkeen pelto uhkaa palata normaaliin viljelykäytäntöön. Peltojen hiilen tulisi säilyä riittävän pitkään (esim. vähintään 100 vuotta Kalifornian metsähyvitys järjestelmän mukaisesti), jotta niihin voidaan myöntää hiilikrediittejä.

Viljelijän kannalta kivennäismaan pelloilla toteutettavat toimet ovat hyväksyttävämpiä kuin turvepeltojen päästöjen vähentämiseksi tehtävät muutokset. Pysyvä pohjaveden pinnan nosto muuttaa viljelykäytäntöjä ja –kasveja, mikä saattaa vaikeuttaa toimenpiteiden laajamittaista käyttöönottoa. Säättösalaojitus on kuitenkin yleistynyt, ja se soveltuu veden pinnan nostoon millä tahansa peltokasvilla. Viime kädessä lopputulokseen vaikuttaa muutoksen aiheuttama tulotason muutos sekä käyttöönoton helppous. Turvepeltojen ominaisuudet eroavat merkittävästi toisistaan ja nämä erot on otettava huomioon lopputulosten arvioinnissa ja päästövähennystoimenpiteiden suunnittelussa. Pohjaveden nostoon liittyen on vaarana, että metaanipäästöt lisääntyvät hiilidioksidipäästövähennysten yhteydessä tai että pellon tuotostaso kärsii. Tällä alueella on jo tietotaitoa, mutta ei vielä riittävästi, jotta hiilikrediitit voitaisiin perustella pelkästään kirjallisuustietoihin. Siksi monitorointia esimerkiksi 2-3 vuoden ajan suositellaan tulosten verifioimiseksi (Günther ym. 2018).

Turvepeltojen metsitys on varteenotettava keino hiilikrediittien päästövähennysten synnyttämiseksi, mutta ongelmana voi olla saada viljelijät luopumaan peltoalasta nykyisten tukitasojen vallitessa. Viljelijälle vähähiilisempi viljelytapa voi toimia ekoprofilointina, mutta tällaisen toiminnan haluttavuus on epävarmaa ja vaikutus viljelijän tuloihin voi olla merkittävä. Viljelijälle pelto on tietenkin myös tulonlähde, ja viljelijä tuskin luopuu tuloistaan pelkän hiilineutraaliuden nimissä (Kuitunen ja Ollikainen 2014). Taulukoista 2 ja 3 nähdään, että viljelijä saa ohrapelloilta huomattavasti suuremman tuoton kuin metsityksestä. Valtaosa voitosta tulee maataloudesta, jonka suuruus esimerkissä on 575 euroa – tosiasiallisesti tuen suuruus vaihtelee huomattavasti alueittain ja viljeltävän kasvin perusteella.

Esimerkki osoittaa, että nykyisen tukipolitiikan piirissä olevien turvepeltojen kohdalla riittävät kannustimet luovan päästöyksikön hinta nousisi hyvin korkeaksi. Toisaalta osa turvepelloista on tukipolitiikan ulkopuolella, joten kohdentamalla toimia niihin, hiilikrediitit voitaisiin synnyttää juuri näillä alueilla. Ostaja voisi olla myös valtio tai kunta. Maatalouspolitiikka vaikuttavat kuitenkin lopulta siihen, mitkä keinot ovat sallittuja ja miten houkuttelevaksi asia saadaan maanomistajalle.

Taulukko 2. Päästöt turvemailta eri maankäyttömuodoissa, t CO<sub>2</sub>-ekv./ha/vuosi (IPCC 2014).

	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Yhteensä
Yksivuotinen viljely	29,0	6,1	0,0	35,1
Nurmiviljely	20,9	4,4	0,0	25,3
Nurmiviljely, pohjavesi 30 cm	13,2	0,7	1,0	14,9
Metsä (runsasravinteinen)	3,4	0,3	0,3	3,9
Ennallistus/kosteikkoviljely	-2,0	0,0	3,4	1,4

Taulukko 3. Viljelijän voitot eri maankäyttötavoilla ilman tukea ja tuen kanssa (Ervola ym. 2012).

	Metsitys	Ohrapelto	Erotus
Viljelijän nettovoitto (€/ha/a)	48	87	39
Tuen kanssa (€/ha/a)	48	662	614

Soiden ennallistaminen ja sen kautta syntyvä hiilensidonta on ollut kotimaisessa kompensointikeskustelussa esillä. Soiden ominaisuudet eroavat merkittävästi toisistaan ja nämä erot on otettava huomioon lopputulosten arvioinnissa ja päästövähennystoimenpiteiden suunnittelussa. Lisäksi ostajille pitäisi tuoda selkeästi esiin tieteelliset ja mittaukselliset perusteet hiilikrediittien määrittelyyn. Olisi myös varmistettava, ettei peltojen ennallistaminen johda raivaukseen toisaalla. Tämä on kuitenkin vaikea tehtävä.

#### 7.4.4 Muut päästöjen kompensoinnin keinot

Seuraavassa on pyritty tuomaan esimerkkejä julkisuudessaakin esillä olleisiin mahdollisuuksiin, jotka soveltuvat kotimaisten päästövähennysyksiköiden luomiseen. Kuvauksia ei ole siis kattava. Tässä yhteydessä tarkastellaan etenkin kompensointitoiminnan lisäisyyttä ja niiden avulla saavutettujen päästöhyötyjen pysyvyyttä. Lähtökohdaksi on, että kompensointia tarvitsevat toimijat korvaa aiheuttamansa päästöt hankkimalla vastaavan määrän päästövähennysyksiköitä ko. esimerkikohteista.

Tulevaisuuden ilmakehän hiilidioksidin poistokeinoina ovat olleet esillä biopohjaisen energian synnyttämän *hiilidioksidin poisto ja varastointi (BECCS)* ja tavallinen *CCS sekä suoraan ilmakehästä tapahtuva hiilidioksidin kaappaus ja varastointi (DACCS = Direct Air CCS)*. Nesteytetty hiilidioksidi varastoidaan muun muassa öljy- ja kaasuesiintymien tyhjiin onkaloihin. Hiilidioksidipäästön puhtauden takia sellutehtaan olisivat tällaiselle toiminnalle kustannustehokkaimmat sovelluskohteet. Nykyisin BECCS:n kustannustehokkuus ei ole kuitenkaan vielä kilpailukykyinen muiden kompensointivaihtoehtojen kanssa. Päästöoikeuden hinnan kohoamisen myötä BECCS voi olla kilpailukykyinen jo 2030-luvulla (Tsupari 2018). BECCS, CCS ja DACCS ovat lisäisiä ja pysyviä, jos nesteytetyn hiilidioksidin varastointi voidaan osoittaa olevan pois ilmakehästä vuositasolla. Fossiilisten polttoaineiden CCS on tällöin verrattavissa fossiilisten polttoaineiden vähentämiseen.

Biomassasta pyrolyysin kautta muodostettu *biohiili* säilyy maaperässä hyvin pitkään (esim. Kuzyakov ym. 2014), minkä takia sitä on esitetty päästövähennysyksiköiden kohteeksi. Ongelmana on kuitenkin lisäisyyden osoittaminen. Lähtökohdaksi tulee olla biohiilen valmistukseen käytettävän biomassan raaka-ainepohjan perusrakenteen hahmottaminen ja arvioida biohiilen valmistuksen kasvihuonekaasupäästöhyödyt siihen nähden. Arvioinnin ongelmat ovat samankaltaiset kuin puurakentamisen yhteydessä (ks. jäljempänä). Esimerkiksi puujäte, joka hajoaisi ilman fossiilisten polttoaineiden korvaushyötyjä, voitaisiin täysimääräisesti hyväksyä biohiilen raaka-aineeksi. Tällöin siis pyrolyysissä synnytetty biohiilimäärä olisi kokonaisuudessaan päästövähennyshyötyjen lähteenä. Biohiiltä voi sekoittaa viljelysmaahan, jossa se tutkimusten mukaan parantaa maan kosteus- ja ravinneominaisuuksia sekä voi myös estää samalla mm. ravinnehuuhtoutumia (esim. Ippolito et al. 2012). Biohiilen hiilivaraston lisäksi näihin muihin hyötyihin sisältyvät KHK-päästövähennykset tulisi erikseen osoittaa tieteellisin laskelmin, joissa on otettu huomioon biohiilen käytön järjestelmätason muutokset. Laskelmissa tulee myös ottaa huomioon hiilivaraston menetys toisaalla; esimerkiksi vähentynyt hiilisyöte metsämaahan, kun hakkuutähteistä valmistetaan biohiiltä.

*Teollisuuden jätteitä* on edelleen hyödyntämättä. Niiden hyötykäytön edistäminen ja sen kautta synnytetty päästövähennys voi olla myös kompensointihyödyn synnyttäjä. Muun muassa betonin valmistuksessa Portlandsementti on mahdollista korvata terästehtaiden kuonalla, jolloin vältetään sementin valmistuksen päästöiltä. Portlandsementti aiheuttaa globaalisti 6 % kasvihuonekaasupäästöistä. Esimerkiksi Raahen terästehtaan kuonaa on käytetty tähän tarkoitukseen, mutta käyttöä on mahdollista vieläkin lisätä. Todettakoon, että teräskuonan käytöllä vaikutetaan epäsuorasti päästökaupan toimintaan. Sementin valmistus kuuluu EU:ssa päästökauppajärjestelmään. Jätteiden hyödyntämiseen liittyy myös lisäisyyden ongelma: olisiko niiden hyödyntäminen kuitenkin edennyt jossakin vaiheessa yritysten pyrkiessä minimoimaan jättekulujaan. Kuonan käytöstä aiheutettu päästövähennys Portlandsementin korvaamisella on selkeä ja helposti laskettava.

*Puurakentamisen* ja nimenomaan puurakenteiden hiilivaraston käyttö on ollut esillä päästövähennysyksiköiden kohteena. Asia ei ole kuitenkaan yksinkertainen. Puun käytön ilmastovaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon metsän ja tuotteiden hiilivarastomuutokset sekä puutuotteiden substituutiovaikutukset ajan funktiona. Substituutiohyödyillä tarkoitetaan tilannetta, jossa puutuotteiden valmistuksen, käytön ja hylkäyksen päästöt ovat vähäisemmät kuin muista materiaaleista saman toiminnallisuuden tarjoavat tuotteet aiheuttaisivat. Tämän koko ketjun arviointi on jo hankalaa ja vaatii useita oletuksia. Vaikeutta lisää se, että metsien hiilinieluhäviö vuosikymmeniksi eteenpäin on otettava huomioon. Yksin puutuotteiden hiilivaraston perusteella päästövähennysyksikköä ei voi arvioida. Lisäksi kompensointioilla haetaan nimenomaan vaikuttavuutta lähivuosikymmenien tarpeeseen rajoittaa ilmakehään aiheutuvaa kasvihuonekaasupäästöä. Puurakentamisen käyttö kompensointiyksiköitä tarjoavana

hankkeena on kyseenalainen, jos sen seurauksena päästöt kasvavat systeemitasolla esimerkiksi seuraavien 30-40 vuoden aikana ja päästövelka saadaan takaisin vasta yli sadan vuoden aikaviiveellä.

## 8. YHTEENVETO JA JATKOSUOSITUKSET

Hiilineutraaliuden tavoitteella valtiot, alueet ja kunnat haluavat viestiä ilmastonmuutoksen hillintätönsä kunniahimosta. Hiilineutraalius on kuitenkin harvoin täsmällisesti määritelty, ja sen sisältö vaihtelee etenkin sen saavuttamiseen liittyvien rajausten perusteella. Väärinkäsitysten välttämiseksi hiilineutraalius tulisi aina määritellä täsmällisesti.

Tässä selvityksessä hiilineutraalius on määritelty seuraavasti: hiilineutraalius on maantieteellisesti rajatun alueen tila, jossa ihmistoiminnan synnyttämät kasvihuonekaasujen lähteet ja ilmakehästä kasvihuonekaasuja poistavat nielut ovat yhtä suuret määrättyllä ajanjaksolla (käytännössä vuodessa jos ei aikatekijää muutoin määritellä). Määritelmä on yhtenäinen EU:n pitkän aikavälin vision kanssa. EU käyttää tästä tavoitetilasta nimitystä ilmastoneutraalius, ja muun muassa Iso-Britannian ilmastopaneeli termiä nettonollapäästötila. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan esitetä hiilineutraaliustermin vaihtamista ilmastoneutraaliudeksi, koska Suomessa hiilineutraalius on vakiintunut termi ilmastopolitiikassa.

Hiilineutraaliutta tulee pitää rikkaiden maiden osalta ilmastonmuutoksenhillintätönsä välitavoitteena, jonka jälkeen niiden tulisi päästä nettonegatiiviseksi eli nielut (poistumat) olisivat päästöjä suuremmat.

Valtioiden tasolla hiilineutraaliustavoitteissa on eroja. Yleensä tarkastellaan vain valtion rajojen sisällä syntyviä päästöjä, mutta ainakin Ranskalla on tarkastelussa mukana myös kansainvälisen laiva- ja lentoliikenteen päästöt. Lähtökohdana on kuitenkin aina, että kasvihuonekaasupäästöjä (pl. LULUCF) pitää saada merkittävästi alas. Tämän jälkeen hiilineutraaliuden saavuttamiseen voidaan laskea mukaan maan koko LULUCF-nettonielu tai vain erikseen määritellyn LULUCF-tason ylittävä ns. lisäinen nielu. Ainakin Ruotsi lähtee siitä, että ainoastaan nämä lisäiset nielut ovat hyödynnettävissä hiilineutraaliuden saavuttamisessa. Kaikissa valtioiden hiilineutraaliustavoittelussa nettonollapäästötilannetta voidaan tavoitella myös poistamalla teknisesti ilmakehästä hiilidioksidia ja varastoimalla ne pysyvästi pois ilmakehästä.

Tiettyjen maiden kuten Ruotsin hiilineutraaliuden tavoittelussa on mahdollisuus käyttää jäljelle jääneiden päästöjen vähentämiseen kansainvälisiä päästöjen hyvitysjärjestelmiä eli kompensatiota. Kompensatiolla tarkoitetaan päästövähennystoimia maan rajojen ulkopuolella. Niiden käyttö kuitenkin edellyttää määrättyjen kriteerien toteutumista, muun muassa toimien lisäisyyttä (toimet eivät olisi toteutuneet ilman kompensaaation aktiviteettia), synnytettyjen päästövähennysten tai hiilinielujen pysyvyyttä ja kaksoislaskennan välttämistä. Kaksoislaskennalla tarkoitetaan tilannetta, jossa sama päästövähennys lasketaan esimerkiksi kahden EU-maan hyväksi.

Suomi on kirjannut keskipitkän aikavälin ilmastostrategiaan maininnan, että Suomi pyrkii hiilineutraaliksi 2045 mennessä. Ruotsilla on sama tavoitevuosi. Sen sijaan Norja ja Islanti tavoittelevat hiilineutraaliutta Suomea aikaisemmin. Tilanne kuitenkin muuttuu, jos nykyinen hallituksen linjaus Suomen hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä tulee Suomen viralliseksi tavoitteeksi. Suomi on linjannut hiilineutraaliuden tilan samalla tavalla kuin tässä selvityksessä on määritelty. Kompensaatiomenettelyä ei ole sisällytetty toistaiseksi hiilineutraaliuden tavoitteeseen.

Kuntien ja alueiden hiilineutraaliuden tavoittelussa olisi hyvä soveltaa samoja päästöjen ja nielujen laskentasääntöjä, joilla tavoitellaan myös ko. valtion hiilineutraaliutta. Suomessa alueiden ja kuntien kasvihuonekaasupäästöt lasketaan pääsääntöisesti ns. käyttöperusteisella menetelmällä, joka ottaa huomioon alueen ja kunnan ulkopuolella aiheutetut energian tuotannon suorat päästöt. Laskennan rajauksissa ja yksityiskohdissa esiintyy kuitenkin eroja, jotka pitäisi yhtenäistää maamme sisällä kansainvälisesti vertailukelpoisella tavalla.

Alueet ja kunnat voivat käyttää samoilla säännöillä ulkomaalaisia kompensatiota kuin valtio. Kotimaan sisällä voi käyttää kompensatiota tarjoavia toimenpiteitä, jos ne täyttävät samat ehdot kuin hyväksyttävät kompensatiot ulkomailta ja jos kaksoislaskenta eri alueiden ja kuntien välillä voidaan välttää erillisen päästöjen tai nielujen korvamerkinnän kautta.

Suomessa on ainakin 15 kuntaa ja kaupunkia, jotka ovat sitoutuneet saavuttamaan hiilineutraaliuden vuoteen 2030 mennessä. Kaksi maakuntaa on sitoutunut tavoittelemaan hiilineutraaliutta 2035 ja 2040 mennessä. Tämän selvityksen

perusteella voidaan sanoa, että Suomen alueet ja kunnat ovat kansainvälisesti aktiivisesti liikkeellä hiilineutraaliuden tavoittelussa.

Suomessa on odotuksia sisällyttää kompensatioiden piiriin peltojen, soiden ja metsien hiilinielujen kasvattamista. Etenkin metsien osalta kannattaa hyödyntää jo muualta saatavia kokemuksia ja tehtyjä sääntöjä. Muun muassa Kaliforniassa metsien hiilensidonnasta hiilikrediiteistä edellytetään 100 vuoden pysyvyyttä. Toiminta ei ole kuitenkaan yksiselitteinen EU-maissa, joiden LULUCF-sektorin päästöjä ja nieluja säätelee erillinen LULUCF-asetus. Etenkin kotimaassa toteutettavien kompensatioiden sovellusalueista ja säännöistä tarvitaan nykyistä parempaa tietopohjaa, jotta niiden ilmastovaikutukset olisivat odotusten mukaisia.

## LÄHTEET

- Baltic Action Group 2019. Carbon actions. <https://carbonaction.org/etusivu/> (luettu 20.5.2019).
- Committee on Climate Change 2019. Net Zero: The UK's contribution to stopping global warming. <https://www.theccc.org.uk/publication/net-zero-the-uks-contribution-to-stopping-global-warming/>
- Calvo Buendia ym. 2019. DRAFT 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/05/01\\_2019rf\\_OverviewChapter.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/05/01_2019rf_OverviewChapter.pdf)
- Defra 2009. Guidance on carbon neutrality. Department of Energy and Climate change.
- EU 2009. Council Conclusions on EU position for the Copenhagen Climate Conference (7-18 December 2009). [https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/envir/110634.pdf](https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/envir/110634.pdf)
- EU 2011. Etenemissuunnitelma siirtymiselle vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Memo/11/150. Bryssel, 11.3.2011.
- EU 2018a. Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj>.
- EU 2018b. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. Brussels, 28.11.2018 COM(2018) 773 final. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com\\_2018\\_733\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_en.pdf)
- Ervola, A., Lankoski, J., Ollikainen, M., Mikkola, H. J. 2012. Agriculture and climate change: The socially optimal production, land use, and GHG emissions. *Food Economics* April-June 2012; 9: 10-24
- Fuglestvedt, J., Rogelj, J., Millar, R.J., Allen, M., Boucher, O., Cain, M., Forster, P.M., Kriegler, E. and Shindell, D., 2018. Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2119), p.20160445.
- Günther, A., Böther, S., Couwenberg, J., Hüttl, S., Jurasinski, G. 2018. Profitability of Direct Greenhouse Gas Measurements in Carbon Credit Schemes of Peatland Rewetting. *Ecological Economics* 146: 766-771. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.025>
- Grassi, G., House, J., Zaele, S. 2018a. Reconciling global model estimates and country reporting of anthropogenic forest CO<sub>2</sub> sinks. *Nature Climate Change* 8, 914–920 doi:10.1038/s41558-018-0283-x.
- Grassi, G., House, j., Krutz, W., Peters, G. 2018b. Guest post: Credible tracking of land-use emissions under the Paris Agreement. *Carbon brief*. <https://www.carbonbrief.org/guest-post-credible-tracking-of-land-use-emissions-under-the-paris-agreement>
- Günther, A., Böther, S., Couwenberg, J., Hüttl, S., Jurasinski, G. 2018. Profitability of Direct Greenhouse Gas Measurements in Carbon Credit Schemes of Peatland Rewetting. *Ecological Economics* 146: 766-771. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.025>
- Huppmann, D. ym. 2018. A new scenario resource for integrated 1.5°C research. *Nature Climate Change*, 8 (12), 1027.
- IETA 2013. Norway: an emissions trading case study. [https://www.ieta.org/resources/Resources/Case\\_Studies\\_Worlds\\_Carbon\\_Markets/2015/norway\\_case\\_study\\_may2015.pdf](https://www.ieta.org/resources/Resources/Case_Studies_Worlds_Carbon_Markets/2015/norway_case_study_may2015.pdf)
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M.



Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC 2014. 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. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

IPCC 2018. Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. IPCC, Switzerland.

Ippolito, J.A., Lairdb, D.A., Busscher, W.J. 2012. Environmental Benefits of Biochar. Journal of Environmental Quality 41 (4): 967-972.

ISO (International Organization for Standardization), 2006. ISO 14040-14044: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO (International Organization for Standardization), 2018. ISO 14047. Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification, Geneva.

JRC (Joint Research Centre), 2010. ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. European Commission. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcdHandbook.html>.

Kekkonen ,H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A., Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. Carbon Management <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1557990>

Koljonen, T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M.; Rehunen, A., Saikku, L., Salo, M., Savolahti, M., Tuominen, P., Vainio, T. 2019. Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019.

Kuzyakov, Y., Bogomolova, I., Glaser, B. 2014. Biochar stability in soil: Decomposition during eight years and transformation as assessed by compound-specific 14C analysis Soil Biology and Biochemistry; 70: 229-236.

Kässi, P., Niskanen, O., Lehtonen, H. 2015. Pellonhankinnan vaihtoehdot, kustannukset ja peltomarkkinoiden toimivuus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 30/2015. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/486037>.

Kärkkäinen, L.; Haakana, M.; Heikkinen, J.; Helin, J.; Hirvelä, H.; Jauhiainen, L.; Laturi, J.; Lehtonen, H.; Lintunen, J.; Niskanen, O.; Ollila, P.; Peltonen-Sainio, P.; Regina, K.; Salminen, O.; Tuomainen, T.; Uusivuori, J.; Wall, A.; Packalen, T.. 2019. Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 67/2018: 74 s.

Minasny, B.; Malone, B.P.; McBratney, A.B.; et al. 2017. Soil carbon 4 per mille. Geoderma 292: 59-86.

Naturvårdverket 2019. Sweden's Climate Act and climate policy framework. <http://www.swedishepa.se/Environmental-objectives-and-cooperation/Swedish-environmental-work/Work-areas/Climate/Climate-Act-and-Climate-policy-framework/> (luettu 15.5.2019)

Nissinen, A., Savolainen, H. (toim.) 2019. Julkisten hankintojen ja kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki ja luonnonvarojen käyttö - ENVIMAT-mallinnuksen tuloksia. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2019.

Nurmi ja Ollikainen 2019. Kohti hiilipörssiä? Suomessa esitetyt hiilipörssiin liittyvät aloitteet tutkimuskirjallisuuden ja kansainvälisten kokemusten valossa. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019: 17. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Luonnonvarakeskus (Luke) 2019. Puuaineksesta yli puolet käytetään energian tuotannossa. käyeteään<https://www.luke.fi/uutiset/puuaineksesta-yli-puolet-kaytetaan-energian-tuotannossa/>

Regina, K., Heikkinen, J., Niskanen, O. Hiilen sitominen ja talteenotto. Julkaisussa: Maaseutuohjelman (2014-2020) ympäristöarviointi (toim. A. Yli-Viikari). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, käsikirjoitus.

Samuelsson, E. 2019. Henkilökohtainen tiedonanto. 1.8.2019.

- Seppälä, J., Heinonen, T., Pukkala, T., Kilpeläinen, A., Mattila, T., Myllyviita, T., Asikainen, A., Peltola, H. 2019. Effect of increased wood harvesting and utilization on required greenhouse gas displacement factors of wood-based products and fuels. *Journal of Environmental Management* 247: 580–587.
- Suomen ilmastopaneeli 2014. Seppälä, J., Alestalo, M., Ekholm, T., Kulmala, M., Soimakallio, S. 2014. Hiilineutraalisuuden tavoittelu – mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneelin raportti 2/2014.
- Suomen ilmastopaneeli 2019. Kalliokoski, T., Heinonen, T., Holder, J., Mäkelä, A., Minunno, F., Lehtonen, A., Packalen, T., Peltoniemi, M., Pukkala, T., Salminen, O., Scehlhaas, M.-J., Vauhkonen, J., Kanninen, M., Seppälä, J., Ollikainen, O. 2019. Skenaarioanalyysi metsien kehitystä kuvaavien mallien ennusteiden yhtäläisyyksistä ja eroista. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2019. <https://www.ilmastopaneeli.fi/aineistot-ja-raportit/#2019>.
- Suomen luonnonsuojeluliitto. Hiilipörssi. <https://hiiliporssi.fi/> (luettu 30.6.2019).
- Tapio 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – metsänhoito.
- TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö) 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050 - Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Energia ja ilmasto 31/2014, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja.
- Tilastokeskus 2019. Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkojulkaisu]. ISSN=1797-6049. 2018, Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2018. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 2.6.2019]. Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/khki/2018/khki\\_2018\\_2019-05-23\\_kat\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_kat_001_fi.html)
- Tsupari, E. 2018. Impact of system boundaries on the effectiveness of climate change mitigation actions. Doctoral dissertations 251/2018, Department of Applied Physics, Aalto University.
- Tähtinen, M., Kärki J. 2019. Hiilidioksidin kompensointi on kuin älypuhelin tulo markkinoille – hieno juttu, mutta opeteltavaa riittää. <http://nordeafundsmagazine.fi/artikkelit/hiilidioksidipaastojen-kompensointi>
- United Nations 2016. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. FCCC/CP/2015/10/Add.1.
- Valtioneuvosto 2019. Neuvottelutulos hallitusohjelmasta 3.6.2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Valtioneuvosto, Helsinki. [https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/10616/sallistava-ja-osaava-suomi-sosiaalisesti-taloudellisesti-ja-ekologisesti-kestava-yhteiskunta](https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/10616/sallistava-ja-osaava-suomi-sosiaalisesti-taloudellisesti-ja-ekologisesti-kestava-yhteiskunta).
- VTT, LUT 2019. Hiilikädenjälki: Uusi ympäristömittari tuotteiden positiivisten ilmastovaikutusten arviointi. <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/hiilik%C3%A4denj%C3%A4lki-uusi-ymp%C3%A4rist%C3%B6mittari-tuotteiden-positiivisten-ilmastovaikutusten-arviointiin>
- YM 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raporteja 21/2017.



## LIITE 1. ALUEIDEN JA KUNTIEN HIILINEUTRAALIUSTAVOITTEET

Laura Saikku ja Jyri Seppälä, Suomen ympäristökeskus

### 1. SUOMEN ALUEET

*Tampereen seutukunta*, joka käsittää Tampereen lisäksi 9 ympäröivää kuntaa, tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä. Hiilineutraalius on määritelty tilanteeksi, jossa ihmisen toiminnasta syntyy ainoastaan sen verran hiilipäästöjä kuin pystytään sitomaan. Vuoteen 2030 mennessä kasvihuonekaasupäästöjä tulee leikata 80 % vuoden 1990 tasoon nähden. Myös Pirkanmaan maakunnassa suunnitellaan maakuntatason hiilineutraaliustavoitteen asettamista.

*Uusimaa* pyrkii hiilineutraaliksi vuonna 2035. Hiilineutraalius on määritelty samalla tavalla kuin Pirkanmaan seutukunnassa. Päästöjä voidaan mahdollisesti kompensoida kolmella tapaa: Uudellamaalla tehtävät toimet joiden seurauksena päästöt vähenevät muualla, esim. päästötön ylijäämäsiirto; päästöjen kompensointi muualla tehtävillä hankkeilla; kasvihuonekaasujen poistaminen ilmakehästä esimerkiksi metsittämällä tai sitomalla ja varastoimalla hiiltä (CCS:llä) – nämä kuitenkin epävarmoja keinoja (Uudenmaan liitto 2018a ja 2018b)

Satakunta ja Varsinais-Suomi ovat haastaneet alueensa kunnat ja muut toimijat on tavoittelemaan yhdessä ja yhteistyössä hiilineutraalia Lounais-Suomea vuoteen 2040 mennessä. Myös Kymenlaakson maakuntaohjelman (2018) tavoitteena on, että Kymenlaakso on hiilineutraali vuoteen 2040 mennessä. Lounais-Suomen ja Kymenlaakson hiilineutraaliudella tarkoitetaan tilaa, jossa Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa aiheutettujen kasvihuonekaasupäästöjen nettovaikutus on vuositasolla nolla.

### 2. ALUEET ULKOMAILLA

Seuraavassa on tuotu esimerkkejä alueista ja niiden yhteydessä havaittuja piirteitä hiilineutraaliuden tavoittelussa.

Annual disclosure -ohjelman alaisuudessa 22 aluetta on sitoutunut vähentämään päästöjään 80–90 % vuoteen mennessä 2050 (The climate group and CDP disclosure climate action). Hiilineutraaliuteen on sitoutunut muutamia alueita. Ruotsin Jämtlandilla on tavoitteena 100 % päästövähennys vuoteen 2030 mennessä (Klimatråd 2019).

Australiassa on lukuisia alueita tavoittelemassa hiilineutraaliutta:

- Capital territory tavoittelee nettonollapäästöjä vuoteen 2045 mennessä (sähkönkulutuksesta 100 % uusiutuvaa vuonna 2020). Päästövähennystavoitteisiin päästään osittain kompensointiohjelman avulla. Siinä voidaan vähentää päästöjä muualla tai lisätä hiilen nieluja esim. metsittämällä tai maatalousmaan maaperän hiiltä lisäämällä. Kompensaatiotoimenpiteet tehdään mahdollisuuksien mukaan omalla alueella. Toissijaisia kompensointimuotoja ovat päästökiintiöiden osto markkinoilta (ACT Government 2012).
- New South Wales tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä; Australian Queenslandin tavoitteena nettopäästöt nolla vuonna 2050 (50 % uusiutuvaa vuonna 2030) (<https://www.environment.nsw.gov.au/-/media/OEH/Corporate-Site/Documents/Climate-change/nsw-climate-change-policy-framework-160618.pdf>).
- Etelä Australian tavoitteena nettopäästöt nolla vuonna 2050 (50 % sähkön tuotannosta uusiutuvaa vuonna 2025). <file:///D:/Users/saikku/Downloads/sa-climate-change-strategy-2015-2050-towards-low-carbon-economy.pdf>

Australian hiilineutraaliuteen pyrkivien alueiden ei käytetä LULUCF-nettonielua täysimääräisenä hiilineutraaliuden tavoittelussa kuten Suomessa.

Kalifornian osavaltion tavoittelee nettopäästöjen osalta hiilineutraaliutta 2045, tämän jälkeen tavoitteena on olla hiilinegatiivinen (executive order 10.9.2018). Lisäksi osavaltio on laillisesti sitoutunut 100% uusiutuvaan sähköntuotantoon 2045 mennessä.

Under2 koalition kuuluu yli 200 valtio- ja aluehallintoa, jotka tavoittelevat rahoittamaan globaalin lämpötilan nousun kahteen asteeseen. Käytännössä kasvihuonekaasupäästöjä pyritään vähentämään 80-95% vuoden 1990 tasosta (tai 2 t CO<sub>2</sub> per capita / v)

Esimerkiksi Kanadassa ei ole yhtään maakuntaa, joka käyttäisi hiilineutraaliutta tavoitteenaan. Sen sijaan monet maakunnat ovat sitoutuneet 75-80 % päästötavoitteeseen vuoteen 2050 mennessä (E2CS 2019).

### 3. SUOMEN KUNNAT JA KAUPUNGIT

Suomessa on joukko kaupunkeja, jotka ovat asettaneet itselleen hiilineutraaliustavoitteen. Nämä kaupungit tavoitevuosineen ovat (suluisissa tavoitevuosi): Ii (2020), Joensuu ja Lahti (2025), Turku (2029), Espoo (2030), Tampere (2030), Tampereen seutukunnan muut 9 kuntaa (2030), Helsinki (2035), Vantaa (2035), Vaasa (2035), Lappeenranta (2040), Jyväskylä (2050), Kuopio (2050), Forssa (2050), Hyvinkää (2050), Riihimäki (2050), Järvenpää (2050), Kerava (2050), Kirkkonummi (2050), Nurmijärvi (2050), Mikkeli (2050), Mäntsälä (2050), Vihti (2050).

Käytännössä kaupungit tarkoittavat hiilineutraaliudella tilannetta, jossa sen alueen kasvihuonekaasupäästöt ovat nolla. Kompensaatioiden käyttö hyväksytään ja bioenergian käyttö lasketaan energiasektorilla nollapäästöisenä (samoin kuin tiettävästi muuallakin maailmassa). Maankäyttösektorin LULUCF-nettonielut lasketaan monessa tapauksessa täysimääräisenä mukaan hiilineutraaliuden tavoittelussa, mikä erottaa suomalaiset kaupungit ulkomaalaisista kaupungeista. Tällaisia kuntia ovat ainakin Espoo, Ii, Joensuu, Turku ja Vaasa. Vaasan kaupungin hiilineutraaliustavoite 2035 tarkoittaa, että kaupunki luopuu fossiilienergiasta korvaten sen uusiutuvalla ja tuottaa hiilipäästöjä vain sen verran, kuin se sitoo niitä ilmakehästä. Espoolla, Joensuulla ja Turulla on vastaava tavoite: alueen kasvihuonekaasupäästöjen vähennetään niin, että ilmakehään pääsee vain sen verran hiilipäästöjä kuin alue pystyy niitä sitomaan. Lahti on määritellyt hiilineutraaliuden siten, että sen alueen tuotantoperustetiset (käyttöperusteiset) kasvihuonekaasupäästöt ovat 80 %. Loppujen päästöjen kompensointia ei ole kuitenkaan mainittu hiilineutraaliuden saavuttamisessa (Lahti 2019).

Vaasa, Lahti, Joensuu ja Turku kuuluvat myös Hyvinkään, Kuopion, Forssan, Riihimäen, Joensun ja Lappeenrannan ns. FISU (Finnish Sustainable Communities) -verkoston kaupunkeihin, jotka haluavat olla resurssiviisauden edelläkävijäkuntia. Yksi kolmesta tavoitteesta on, että vuonna 2050 khk-päästöt ovat nolla. Tätä hiilineutraaliustavoitetta ei kuitenkaan ole määritelty tarkemmin, mutta ajatuksena on saavuttaa se HINKU-laskentasaännöin (ks. liite 2). Tällaisia FISU-kuntia ilman omaa ennen vuotta 2050 koskevaa hiilineutraaliustavoitetta ovat Jyväskylä, Kuopio, Forssa, Kuopio, Hyvinkää (myös HINKU-kunta) ja Riihimäki. FISU-kunnat ovat myös sitoutuneet olemaan aiheuttamatta ylikulutusta 2050, mikä tähtää pitemmällä aikavälillä kulutusperäiseen laskennan käyttöönottoon ja siihen liittyvään kestäväan asukaskohtaiseen hiilijalanjälkitasoon. Tätä kestäväää päästötasoa ei ole määritelty.

Iin kunta (HINKU- ja FISU-kunta) on määritellyt hiilineutraaliustavoitteen 2020 siten, että sen päästöjä vähennetään mahdollisimman paljon ja loput kompensoidaan tuottamalla oman tarpeen yli uusiutuvaa energiaa siten, että päästöt (pl. LULUCF) vähentyvät vuoden 2005/2007 tasosta 80 % vuoteen 2030 mennessä. Myös muut hyväksyttävät HINKU:ssa erikseen sovittavat kompensatiotavat voivat tulla kysymykseen 80 % päästövähennyksen tavoittelussa. Näitä ei ole kuitenkaan toistaiseksi määritelty. Lähtökohtana on osoittamisvelvollisuus päästövähennyksen lisäisyyden ja pysyvyyden suhteen (ks. lähemmin kohta 6.2). Ii:ssä on suunniteltu käytettävän myös LULUCF-nettonielua jäljelle jääneiden päästöjen nollaamiseen ja hiilineutraaliuden tilan saavuttamiseksi. Lappeenranta (HINKU- ja FISU-kunta) on määritellyt vuoden 2040 hiilineutraaliustavoitteen samalla tavalla kuin Ii.

Keski-Uudenmaan ns. Kuuma-kunnat (Hyvinkää, Järvenpää, Kerava, Kirkkonummi, Nurmijärvi, Mäntsälä ja Vihti) tavoittelevat hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Helsinki ja Vantaan tavoittelevat hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. Kaikissa tapauksessa tavoitteena on vähentää perinteisiä kasvihuonekaasupäästöjä 80 % ja loput nollataan käyttämällä alueen LULUCF-nettonielua ja samoja kompensointitapoja kuin mitä Uudenmaan alueella hyväksytään käytettäväksi.

Tampere on päivittämässä ilmastotavoitteitaan. Kestävä Tampere 2030 -tiekarttaan on kirjattu hiilineutraaliustavoite vuonna 2030. Tiekartassa hiilineutraalius saavutetaan määritelmällisesti, kun kokonaispäästöt ovat vähentyneet Tampereella yli 80 % vertailuvuodesta 1990. Tampereen seutukunnan muut kunnat (Kangasala, Lempäälä, Nokia, Orivesi, Pirkkala, Vesilahti, Ylöjärvi) selvittelevät myös mahdollisuutta sitoutua Tampereen tapaan hiilineutraaliustavoitteeseen vuonna 2030.

#### 4. KAUPUNGIT ULKOMAILLA

Useat kaupungit ympäri maailman ovat ilmoittaneet tavoittelevansa hiilineutraaliutta ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja määrittelevät tämän tavoitetason lähes poikkeuksetta siten, että kasvihuonekaasujen nettopäästöt ovat nolla (taulukko 1).

Suurin osa näistä kaupungeista pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2050 mennessä, toiset jopa aiemmin, kuten esimerkiksi Kööpenhamina (2025) ja Oslo (2030). Kööpenhaminan hiilineutraaliustavoite koskee kuitenkin vain hiilidioksidipäästöjä. Berliini tavoittelee ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä siten, että KHK-päästöt pysyvät 2 asteen polulla globaalisti, Berliinin osalta tämä tarkoittaisi -85 % päästöjä vuonna 2050 vuoteen 1990 verrattuna. Vancouver tavoittelee 100 % uusiutuvien käyttöä ja 80 % päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. Tukholma pyrkii olemaan fossiiliton vuonna 2040. Yleensä päästövähennystavoitteita verrataan vuoden 1990 tilanteeseen.

Kaupunkien hiilineutraaliustavoitteisiin liittyy aina jonkinasteista *kompensointia*. Kompensointikeinoiksi on esitetty hiilen sidontaa, esimerkiksi kasvillisuuden nielun kautta, Tukholmassa on esitetty kompensointia myös biohiilen avulla. Adelaiden suunnitelmissa mainitaan tarkemmin vielä metsitys ja toimenpiteet hiilen sitomiseksi maaperään. Myös CCS mainitaan mahdollisuutena saada päästöjä kompensoitua. Tarkastelluista kaupungeista New York ja Austin mainitsevat päästökiintiöiden hankinnan (offset) kompensointikeinona. Ainakin Kööpenhamina, Linköping ja Seattle aikovat kompensoida päästöjään tuottamalla uusiutuvaa energiaa yli oman tarpeensa. Päästöjen kompensointikäytännöt ovat monissa kaupungeissa vielä selvitysasteella. Myös Adelaide mainitsee kehittävänsä parhaillaan luotettavia käytäntöjä päästöjen vähentämiseksi yhteistyössä Australian The National Carbon Offsets Standard (NCOS) ja associated Carbon Neutral Programin kanssa.

Yksikään kaupunki ei mainitse dokumenteissaan, että käyttää olemassa olevia alueensa nieluja hiilineutraaliuden tavoittelussa. Se, miten LULUCF-laskennat näyttelevät kaupunkien hiilineutraaliuden tavoittelussa, vaatisi tarkempaa selvittämistä. Kysymys on ennen kaikkea siitä, että käytetäänkö laskelmissa alueen LULUCF-nettonielua/päästöä johonkin olemassa olevaan lähtötasoon verrattuna tai otetaanko laskelmissa kunkin hetken LULUCF-kokonaistilanne mukaan sellaisenaan.

Monet kaupungit toimivat verkostoissa kunnianhimoisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Esimerkiksi CNCA (Carbon Neutral Cities Alliance: A project of the Urban Sustainability Directors Network) on johtavien globaalien kaupunkien hiilineutraalius-verkosto, jonka kaupungit tavoittelevat 80-100 päästövähennyksiä vuoteen 2050 mennessä. CNCA kehittää kaupungeille menetelmiä ja prosesseja hiilineutraaliuden tavoittelun tueksi. Kaupungit ovat Adelaide, Berlin, Kööpenhamina, Helsinki, Lontoo, Melbourne, Minneapolis, New York, Oslo, Portland, Rio de Janeiro, San Fransico, Seattle, Sydney Tukholma, Toronto, Vancouver ,Washington DC ja Yokohama.

*Hiilineutraalius tai nettonollapäästöjen saavuttaminen* tarkoittaa CNCA:n *määritelmän mukaan* (Framework for Long-Term Deep Carbon Reduction Planning 2015), *että kaupunkiin liittyvät nettokasvihuonekaasupäästöt ovat nolla* ("Carbon Neutral City = The net greenhouse gas emissions associated with a city is zero"). Hiilineutraalius *tavoitteena* asetetaan kuitenkin verkostossa rinnakkain 80/50 päästövähennystavoitteiden kanssa (CNCA Framework for planning). Esimerkiksi Vancouver on mukana hiilineutraaliutta tavoittelevissa verkostoissa, mutta ilmoittaa silti tavoitteekseen esim. -80 % vähennyksen 2050 mennessä. Vancouverin -80 % tavoitteen ajatellaan olevan Pariisin ilmastopimuksen mukainen ja täyttävän kansallisia tavoitteita (Vancouver action plan), mutta tämä näkökulma on arvioitavissa uudestaan Vancouverissa viime syksyn IPCC:n raportin perusteella.

Hiilineutraaliuskoalitiassa (carbon neutrality coalition) on 32 kaupunkia, jotka ovat sitoutuneet tavoittelemaan hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä (CNC 2019). Nämä kaupungit ovat Austin, Accra, Barcelona, Berlin, Boston, Buenos Aires, Cape Town, Caracas, Kööpenhamina, Durban, Lontoo, Los Angeles, Melbourne, Mexico City, Milano, New York, Oslo, Pariisi, Philadelphia, Portland, Quito, Rio de Janeiro, Salvador, San Francisco, Santiago, Seattle, Tukholma, Sydney, Toronto, Vancouver, Washington ja Yokohama. Useat kaupungit ovat myös edellisen CNCA:n jäseniä.

C40 on maailman suurten kaupunkien verkosto, joka toimii ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. C40 pyrkii luomaan yhteistyötä kaupunkien välillä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Mukana on yli 90 kaupunkia. Verkoston 25 kaupunkia ilmoitti marraskuussa 2017 tavoittelevansa hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä (C40 2017), nämä ovat: Adelaide, Austin, Accra, Barcelona, Boston, Buenos Aires, Cape Town, Caracas, Kööpenhamina, Durban, Lontoo, Los Angeles, Melbourne, Mexico City, Milano, New York, Oslo, Pariisi, Philadelphia, Portland, Quito, Rio de Janeiro, Salvador, Santiago, Tukholma, Vancouver.

Taulukko 1. Hiilineutraaliuteen pyrkivien kaupunkien tavoitteet, tulkinta hiilineutraaliudesta tai vastaavan määritelmää ja päästölaskennan perusta, miten aluepäästöt ja kompensatiot otetaan tavoitteissa huomioon.

	Tavoite	Määritelmä	Laskentatapa, rajaus	Kompensointi
<b>Kööpenhamina</b>	Hiilineutraali 2025 (alueen päästöt -50 %, loput kompensoidaan) (23.8.2012) CPH 2025 Climate Plan	-	Käyttöperusteiset(1, kaiken uusiutuvan energian käyttö nollapäästöistä	uusiutuvan energian ylituotanto, metsitys alueen ulkopuolella, työn alla
<b>Berliini</b>	Ilmastoneutraali 2050 (6.4.2016) Berlin Energy and Climate programme 2030	Ilmastoneutraali = KHK-päästöt pysyvät 2 asteen polulla globaalisti, Berliinin osalta -85 % päästöt 2050 vs. 1990	Kulutusperusteiset, biomassa laskentaan nollapäästöisenä	-
<b>Bristol</b>	Hiilineutraali 2030 (13.10.2018)	-	Kulutusperusteiset (scope 1,2,3)	?
<b>Oslo</b>	Hiilineutraali 2030 (päästöt -95 % 2030 vs. 1990, loput kompensoidaan) (22.6.2016)	Nollapäästöisyys, päästöjä ei synny tai ne voi kompensoida	Alueperusteiset, biomassa nollapäästöistä	nielut/CCS
<b>Tukholma</b>	Fossiiliton 2040 (12/2016) Strategy for a fossil free Stockholm	Hiilineutraali = ei lisää toimillaan ilmakehään hiiltä, toiminnan vaikutusten ja kompensoinnin kautta	Käyttöperusteiset, biomassa nollapäästöistä	Kyllä Mahdollisuuksia tutkitaan: kasvillisuuden nielu, CCS:n, biohiilen avulla
<b>Linköping</b>	Hiilineutraali 2025 (27.9.2011)	nettopäästöt nolla		Uusiutuvan tuotanto yli oman tarpeen
<b>Boston</b>	Hiilineutraali 2050	nettopäästöt ml. kompensointi (max 10% päästöistä)	Alueperusteiset? (liikenne, rakennukset, jätteet)	Kompensoidaan sähköverkon päästöjä puhtaan sähkön hankinnalla, residuaalipäästöjen kompensointi hyvityksillä (offset)
<b>Lontoo</b>	Nollahiilinen ”zero carbon” 2050, työ käynnissä, jotta tavoitevuodeksi 2030	-	Suorat ja epäsuorat (energiantuotannon) päästöt, biomassa nollapäästöistä	Kyllä
<b>Manchester</b>	Nollahiilinen ”zero carbon 2038 (14.11.2018)	päästöt yli -97% vuoden 1990 tasosta, jokaisella sektorilla vähintään -95% (määritelmä: Tyndall Centre)	Energiajärjestelmä ja liikenne, scope 1 & 2 (käyttöperusteinen), tavoitteena vähentää myös kulutusperusteisiä päästöjä (scope 3)	Ei
<b>New York</b>	Hiilineutraali 2050 (tavoite: 100% hiiletön energia 2040)	Hiilineutraali = nettopäästöt nolla kaupungin tasolla	Käyttöperusteiset, biomassa nollapäästöistä	Kyllä, selvitetään mahdollisuuksia, esim.: hiilen sidonta, päästöhyvitykset (offset)

	Tavoite	Määritelmä	Laskentatapa, rajaus	Kompensointi
<b>Vancouver</b>	100 % Uusiutuva 2050, -80 % hiilipäästöt v 2050. (Hiilineutraali 2050 C40-verkosto) 50 % päästövähennys 2030 mennessä (vs 2007)	-	Käyttöperusteiset, biomassa nollapäästöistä	Ei ainakaan -80 % tavoitteessa
<b>Los Angeles</b>	Tavoittelee -80 % vuoteen 2050 (vs. 1990), hiilineutraali vuoteen 2050 C40	-	Käyttöperusteiset	-
<b>Adelaide</b>	Tavoitteena maailman ensimmäinen hiilineutraali kaupunki	Hiilineutraali = netto KHK-päästöt nolla	Käyttöperusteiset, biomassa nollapäästöistä, maankäyttö ei mukana	Kyllä, useita mahdollisuuksia, esim. esim kasvillisuus metsittämällä tai maaperään sitomalla
<b>Seattle</b>	Hiilineutraali 2050 (CNCA)	kasvihuonekaasujen nettopäästöt nolla	Biomassa oletetaan nollapäästöiseksi. Käyttöperusteiset päästöt, pl. teollisuustuotanto	Hiilen sidonta, ylimääräisen uusiutuvan tuotanto, muu
<b>Austin, Texas</b>	Hiilineutraali 2050	kasvihuonekaasujen nettopäästöt nolla	Käyttöperusteiset päästöt, ICLEIn luokituksen mukaan	max. 10 % kompensointi hyvityksillä

1) Käyttöperusteisella laskennalla tarkoitetaan sitä, että mukaan otetaan kaupungin alueella tapahtuvat khk-päästöt ja lisäksi energian käytön välilliset päästöt, jotka tapahtuvat alueen ulkopuolella.

Boston: [https://www.greenribboncommission.org/wp-content/uploads/2019/01/FINAL\\_CFB\\_SummaryRpt\\_FEB19.pdf](https://www.greenribboncommission.org/wp-content/uploads/2019/01/FINAL_CFB_SummaryRpt_FEB19.pdf)

<https://www.boston.gov/departments/environment/climate-action-plan#climate-action-plan-resources>

Bristol: <https://bristolgreenparty.org.uk/library/ChangeStartsNow.pdf>

Linköping: <https://www.linkoping.se/klimatsmart-linkoping/>

Lontoo: <https://www.london.gov.uk/press-releases/assembly/caroline-russell/plans-to-make-london-carbon-neutral-by-2030>

[https://www.london.gov.uk/sites/default/files/1.5c\\_compatible\\_plan.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/1.5c_compatible_plan.pdf)

Manchester: <http://www.manchesterclimate.com/plan>

<http://www.manchesterclimate.com/sites/default/files/Draft%20Manchester%20Zero%20Carbon%20Framework%202020-38.pdf>

[http://www.manchesterclimate.com/sites/default/files/Appendix%201%20Manchester\\_2038\\_Technical%20Report%2011.11.18.pdf](http://www.manchesterclimate.com/sites/default/files/Appendix%201%20Manchester_2038_Technical%20Report%2011.11.18.pdf)

Seattle: [http://greenspace.seattle.gov/wp-content/uploads/2018/04/SeaClimateAction\\_April2018.pdf](http://greenspace.seattle.gov/wp-content/uploads/2018/04/SeaClimateAction_April2018.pdf)

## LÄHTEET

ACT Government 2012. AP2 - A new climate change strategy and action plan for the Australian Capital Territory. [https://www.environment.act.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/581136/AP2\\_Sept12\\_PRINT\\_NO\\_CROPS\\_SML.pdf](https://www.environment.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/581136/AP2_Sept12_PRINT_NO_CROPS_SML.pdf).

Climate change strategy and Action plan P2. 2012:  
[http://www.environment.act.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/581136/AP2\\_Sept12\\_PRINT\\_NO\\_CROPS\\_SML.pdf](http://www.environment.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/581136/AP2_Sept12_PRINT_NO_CROPS_SML.pdf)

CNCA (Carbon Neutral Cities Alliance) 2014. Framework for Long-Term Deep Carbon Reduction Planning. <https://carbonneutralcities.org/wp-content/uploads/2018/04/CNCA-Framework-for-Long-Term-Deep-Carbon-Reduction-Planning.pdf>

CNC (Carbon neutral Coalition) 2019. <https://www.carbon-neutrality.global/members/>. Luettu 19.3.2019.

C2ES 2019. Canadian provincial GHG emission targets. <https://www.c2es.org/content/canadian-province-climate-policy-maps/>. Luettu 15.3.2019.

C40 2017. 25-cities-emissions-neutral-by-2050 [https://www.c40.org/press\\_releases/25-cities-emissions-neutral-by-2050](https://www.c40.org/press_releases/25-cities-emissions-neutral-by-2050).

Klimatråd 2019. Klimatråd Jämtlands län. <https://www.klimatradz.se/> (Luettu 15.3.2019).

ACT 2019. <http://www.environment.act.gov.au/cc> (Luettu 18.3.2019)

Lahti 2019. Lahdesta hiilineutraali 2025. <https://www.lahti.fi/ajankohtaista/uutiset/lahdesta-hiilineutraali-vuonna-2025> (luettu 15.7.2019).

The Climate Group 2017. <https://www.theclimategroup.org/news/annual-disclosure-2017-update>

The Guardian 2016. New South Wales unveils plan to reach zero emissions by 2050. <https://www.theguardian.com/australia-news/2016/nov/03/new-south-wales-unveils-plan-to-reach-zero-emissions-by-2050>

Under2 2019. <https://www.under2coalition.org/>. (Luettu 15.3.2019)

Uudenmaan liitto 2018. Uusimaa-ohjelma 2.0  
[https://www.uudenmaanliitto.fi/files/21206/Uusimaa-ohjelma\\_2.0\\_\(liiton\\_julkaisu\\_A36-2017\).pdf](https://www.uudenmaanliitto.fi/files/21206/Uusimaa-ohjelma_2.0_(liiton_julkaisu_A36-2017).pdf)

Uudenmaan liitto 2018. Hiilineutraali Uusimaa 2050  
[https://www.uudenmaanliitto.fi/files/16769/Hiilineutraali\\_Uusimaa\\_2050\\_-tiekartta\\_E\\_150\\_-\\_2015.pdf](https://www.uudenmaanliitto.fi/files/16769/Hiilineutraali_Uusimaa_2050_-tiekartta_E_150_-_2015.pdf)



## LIITE 2. KUNTIEN JA ALUEIDEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN LASKENNAN PERIAATTEET

Johannes Lounasheimo, Suomen ympäristökeskus

### 1. JOHDANTO

Kuntien ja alueiden hiilineutraaliuden tavoittelussa keskeinen työkalu on kasvihuonekaasupäästöjen vuosiseuranta. Päästölaskentoja on tehty Suomessa 90-luvulta alkaen, mutta toiminta ei ole missään vaiheessa ollut systemaattista, ja käytössä on ollut useita, toisistaan hieman poikkeavia laskentamenetelmiä.

Lähtökohtaisesti kaikki aluetason päästölaskentamallit noudattavat IPCC:n metodiikkaa ja kansallisten päästöinventaariorien laskentaperiaatteita. Eroja syntyy kuitenkin esimerkiksi systeimirajauksesta eli laskennan maantieteellisestä laajuudesta (Scope) ja siitä mitkä kasvihuonekaasut ja päästösektorit laskentaan sisällytetään. Myös paikallisten lähtötietojen saatavuus ja datan laatu vaikuttavat lopputulokseen. CHP-laitosten päästöt voidaan allokoida sähkölle ja lämmölle usealla eri tavalla, ja sähkön päästökertoimellekin löytyy erilaisia laskutapoja. Rakennusten lämmityksen päästöt muuttuvat sen mukaan, miten esimerkiksi lämmitysöljyn kulutus arvioidaan ja käytetäänkö lämmitystarvekorjausta vai ei.

Läpinäkyvyyden, luotettavuuden, jatkuvuuden, kannustavuuden ja vertailukelpoisuuden parantamiseksi laskentamenetelmiä tulee edelleen kehittää ja yhdenmukaistaa.

### 2. KANSAINVÄLISET LASKENTASTANDARDIT

Kansainvälisistä aluetason päästölaskennan malleista tai ohjeistuksista tunnetuin on GHG Protocolin GPC-standardi (GHG Protocol 2014). Lisäksi muun muassa Covenant of Mayors -sitoumuksen velvoittamaa päästöraportointia varten on laadittu SECAP Guidebook (JRC 2018), ja myös ISO 14064 standardia voidaan soveltaa alueellisissa päästölaskennoissa.

#### 2.1 Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories (GPC)

WRI:n, C40:n ja ICLEI:n luoma GHG Protocol tuottaa yrityksille, yhteisöille, kunnille ja kaupungeille standardeja, ohjeita ja työkaluja khk-päästöjen laskemiseen ja raportointiin. GHG Protocolin kaupungeille suunnattu GPC-standardi on muun muassa Compact of Mayorsin (Global Covenant of Mayors) virallinen raportointiväline, joka on otettu käyttöön sadoissa kaupungeissa ja kunnissa ympäri maailman.

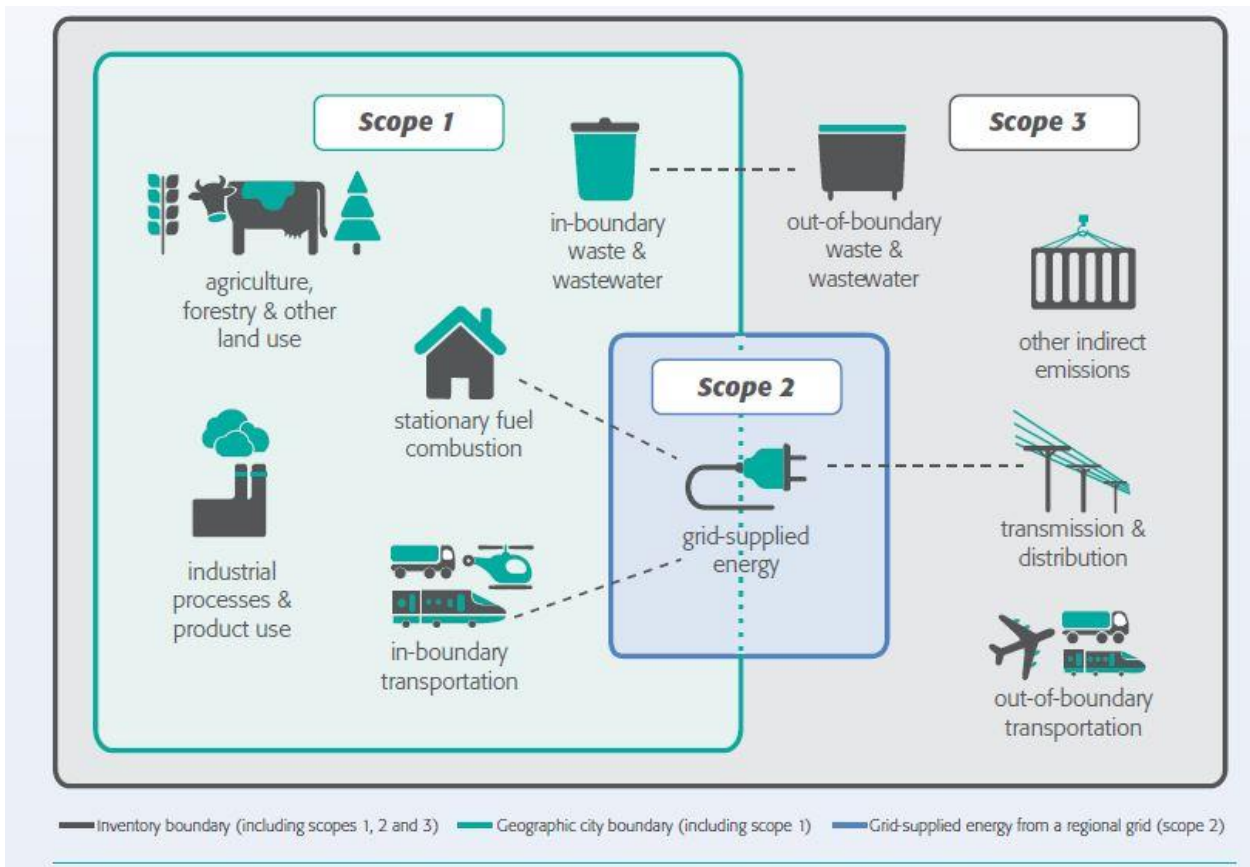
GPC-standardi antaa päästösektorista riippuen varsin paljon liikkumavaraa päästölaskennan toteuttamiselle. Esimerkiksi tieliikenteen päästöt voidaan standardin mukaan arvioida neljällä eri tavalla. Standardin sisälläkin täytyy tehdä valinnat, miten päästöseuranta tehdään systemaattisesti vuosittain.

GPC:n keskeinen sisältö on systeimirajauksen vaihtoehdot, eli Scope 1, 2 ja 3 ja niihin liittyvä Basic ja Basic+ -tason päästöraportointi.

Scope 1 -päästöt ovat suoria, valitun alueen maantieteellisten rajojen sisäpuolella syntyviä päästöjä. Scope 1 tarkoittaa siis *alue- tai tuotantoperusteista* päästölaskentaa.

Scope 2 -päästöt tarkoittavat alueellisen tai valtakunnallisen verkon kautta kulutetun sähkön, lämmön, höyryn tai kaukojäähdytyksen päästöjä, riippumatta siitä missä energia on tuotettu. Tällöin voidaan puhua *energiankulutusperusteisesta* päästöjen laskutavasta.

Scope 3 -päästöt ovat alueella tapahtuvasta toiminnasta johtuvia, mutta alueen rajojen ulkopuolella syntyviä epäsuoria päästöjä. GPC-standardin mukaan näitä päästöjä syntyy jätteiden käsittelystä, energian verkostohäviöistä sekä alueen ulkopuolelle suuntautuvasta liikenteestä, mukaan lukien matkustaminen. Lisäksi mainitaan muut epäsuorat päästöt, mutta näitä ei käsitellä tarkemmin. Muilla epäsuorilla päästöillä tarkoitetaan kuitenkin esimerkiksi ruoan, rakennusmateriaalien ja muiden kulutushyödykkeiden tuottamisesta aiheutuvia päästöjä. Päästölaskenta on *kulutusperusteinen*, mikäli myös nämä muut epäsuorat päästöt pystytään arvioimaan.



Kuva 1. GPC-standardin mukaiset päästölähteet ja systeemirajauksen vaihtoehdot (GHG Protocol 2014).

Scope-luokittelun ohella päästölaskenta voi tarkastella alueen, kunnan tai kaupungin toimintojen ja niiden aiheuttamien päästöjen näkökulmasta (city-induced framework). GPC-standardin tarjoaa kaksi raportointivaihtoehtoa, BASIC ja BASIC+, joihin kuuluu valikoituja 1, 2 ja 3 -tasojen päästöjä.

BASIC-tason päästöinventario käsittää verkon kautta hankitun energian Scope 2 -päästöt, muun energiankäytön ja kaikkien liikennemuotojen Scope 1 ja 2 -päästöt sekä jätteiden käsittelyn Scope 1 ja 3 -päästöt. BASIC+ edellyttää, että laskentaan lisätään teollisuusprosessien ja tuotteiden käytön, maatalouden ja LULUCF-sektorin scope 1 -päästöt sekä verkostohäviöiden ja alueen ulkopuolelle suuntautuvan liikenteen Scope 3 -päästöt.

Suomessa nykyisin käytössä olevat aluetason laskentamenetelmät vastaavat yleensä BASIC-tasoa lisättyinä maataloudella ja verkostohävikillä. Toisaalta paikallista lentoliikennettä (nousu ja lasku samalle kentälle) ei ole Suomessa otettu huomioon.

## 2.2 Sustainable energy and climate action plan (SECAP) – Baseline emission inventory

Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen (Joint Research Centre JRC) laatima SECAP-laskentaohje antaa GPC-standardin tavoin runsaasti laskentamenetelmällisiä vapauksia päästöjen raportointiin. Monessa tapauksessa kaupungit voivat laskea ja raportoida päästönsä kuten ovat aikaisemminkin tehneet. Sähkölle voidaan käyttää kansallista tai paikallista päästökerrointa, lämmitystarvekorjausta voidaan soveltaa tai olla soveltamatta. Myös LCA-tyyppinen lähestymistapa on hyväksyttävä.

Päästölaskennan laajuus SECAP-laskennassa on Scope 2. Suosituksena on että päästökauppaan kuuluvia laitoksia ei sisällytetä laskentaan lukuun ottamatta sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. CHP-laitoksille ohjeistetaan käyttämään hyvädyntäjämenetelmää sähkön ja lämmön polttoaineiden ja päästöjen jakotapana.



### 3. SUOMALAISET LASKENTAMALLIT

Suomessa kuntien ja alueiden khk-päästöjä on laskettu ainakin Kasvenerillä, Benviroc Oy:n tuottaman CO<sub>2</sub>-raportin laskentamallilla ja HSY:n pääkaupunkiseudulla käyttämällä menetelmällä. Lisäksi SYKEssä on laadittu Hinkukunnille oma laskentatapa, ja myös Tilastokeskus on julkaissut alueellisia päästötuloksia. Seuraavassa kuvataan lyhyesti laskentamallien keskeisiä menetelmällisiä sisältöjä.

#### 3.1 Kasvener

Tunnetuin suomalainen alueellinen kasvihuonekaasupäästöjen laskentamalli on Suomen Kuntaliiton ja Suomen ympäristökeskuksen kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli Kasvener, jonka ensimmäinen versio kehitettiin jo vuonna 1997 kuntien ilmastosuojelukampanjaa varten. Kasvenerillä päästöt voidaan laskea joko tuotanto- tai kulutusperusteisesti. Kasvenerin yhteydessä kulutusperusteisuus tarkoittaa energiankulutusta, ei muuta tuotteiden tai palveluiden kuluttamista. Tämä käsitteiden sekamelska on sittemmin aiheuttanut epäselvyyttä, kun kunnissa on ilmennyt tarve todelliselle kulutusperusteiselle, Scope 3 -päästöt huomioon ottavalle laskennalle.

Kasvenerissä päästöt jaetaan kansallisen päästöinventaarion mukaisesti neljälle sektorille: energiaan, teollisuuden prosesseihin, maatalouteen ja jätehuoltoon. Lopputuloksena saatavassa tuotantoperusteisessa päästöraportissa energiasektori on jaettu edelleen sähköntuotantoon, kaukolämpöön, erillislämmitykseen, teollisuuden lämpöön, muuhun polttoaineeseen ja liikenteeseen. Vastaavat alakategoriat kulutusperusteisessa raportissa ovat muu sähkö, kaukolämpö, sähkölämmitys, erillislämmitys, muu polttoaine ja liikenne. Jälkimmäinen sektorijako on omaksuttu Suomessa myöhemmin käytettyihin laskentamenetelmiin.

Kasvenerin tuotantoperusteisessa laskennassa kuntataso on määritelty kunnan alueellisten rajojen mukaan jätehuoltoa lukuun ottamatta. Energialaitosten päästöt lasketaan kuuluvaksi sille kunnalle, jonka rajojen sisäpuolella voimala sijaitsee (Scope 1). Kaatopaikkojen ja jätevesipuhdistamojen päästöt sen sijaan määritellään jätteen syntypaikan perusteella (Scope 3).

Keskeiset erot muihin laskentamalleihin liittyvät sähkön päästöjen kulutusperusteiseen laskentaan ja CHP-laitosten päästöjen jyvittämiseen sähkölle ja lämmölle.

##### 3.1.1 Sähkön päästöjen laskenta

Kulutusperusteisessa tarkastelussa liikenteen, teollisuusprosessien, maatalouden ja jätehuollon osalta rajaus on sama kuin tuotantoperusteisessa laskennassa (Scope 1) liikenteen sähkönkäyttö pois lukien, mutta sähkön ja lämmön päästöt lasketaan energiankulutuksen perusteella paikallinen tuotanto ja priorisoiden (Scope 2, mutta verkkosähkö ensisijaisesti paikallista).

Paikallisiksi kuntatason voimalaitoksiksi määritellään teollisuuden prosessivoimalaitokset ja kaukolämpövoimalaitokset riippumatta laitosten omistajasta sekä vesi-, tuuli- ja huippuvoimalaitokset, joilla on paikallinen omistustausta. Jos näiden laitosten sähköntuotanto ylittää kunnan sähkönkulutuksen, ylimääräisen osan päästöjä ei lasketa mukaan kunnan kulutusperusteisiin päästöihin. Mikäli paikallista sähköntuotantoa ei sen sijaan kulutukseen verrattuna ole tarpeeksi, täytetään vajuus valtakunnallisella sähköllä, joita Kasvenerin määritelmän mukaan tuottavat ydinvoimalaitokset, lauhdevoimalat sekä vesi-, tuuli- ja huippuvoimalaitokset, jos nämä eivät ole paikallisessa omistuksessa. Lisäksi paikallisen tuotannon mahdolliset ylimäärät koko Suomen tasolla lisätään tähän niin sanottuun valtakunnalliseen ostosähköön. (SYKE 2007)

##### 3.1.2 CHP-päästöjen jyvitys

Kasvenerin *sovelletussa energiamenetelmässä* lämmöntuotannon hyötysuhteeksi on lukittu 90 prosenttia, jonka perusteella lasketaan lämmön kuluttama polttoainemäärä. Sähköntuotannon polttoaineet saadaan vähentämällä voimalan polttoaineiden kokonaiskulutuksesta lämmön polttoaineet. Kasvenerin laskennalliset hyötysuhteet vastaavat tilannetta, jossa lämmöntuotanto olisi kokonaan erillistuotantoa. Yhteistuotannon hyöty kohdistuu tässä tapauksessa sähkölle.

Nykyisin yleistyneessä *hyödynjakomenetelmässä* polttoaineet ja päästöt jaetaan sähkölle ja lämmölle niiden vaihtoehtoisten tuotantomuotojen suhteessa, jolloin molemmat energiatuotteet saavat etua erillistuotantoon nähden.

Perinteisessä *energiamenetelmässä* polttoaineet jaetaan tuotettujen energiamäärien suhteessa. Hyötysuhde on molemmille energiatuotteille yhteinen, jolloin lämmön päästöt ovat erillistuotantoon verrattuna suuremmat, ja hyöty kohdistuu kokonaan sähkölle.

### 3.2 CO2-raportti

Benviroc Oy:n CO2-raportin laskentamallilla tuotetaan tällä hetkellä kasvihuonekaasujen päästötiedot yli sadalle kunnalle Suomessa. CO2-raportin peruspalvelu koostuu seuraavista sektoreista: kuluttajien sähkönkulutus, teollisuuden sähkönkulutus, kaukolämpö, sähkölämmitys, maalämpö, erillislämmitys, tieliikenne, maatalous, jätehuolto. Lisäksi kunnalle voidaan laskea esimerkiksi teollisuuden ja työkoneiden päästöt, lento-, vesi- ja raideliikenteen päästöt ja lämmitystarvekorjaus. (CO2-raportti 2018)

CO2-raportti noudattaa Covenant of Mayorsin SEAP/SECAP Guidebookin laskentaperiaatteita ja on energiankulutusperusteinen (Scope 2). CHP-laitosten päästöjen jyvittämiseen käytetään hyödynjakomenetelmää, ja muista laskentamalleista poiketen sähkölle lasketaan kuukausittainen päästökerroin. Laskenta vastaa myös GPC-standardin periaatteita, vaikka ei sellaisenaan ole täysin yhteensopiva BASIC- tai BASIC+-raportointien kanssa.

### 3.3 HSY:n laskennat

Pääkaupunkiseudun vuonna 2007 valmistuneen ilmastostrategia 2030:n laatimisen yhteydessä kehitettiin Kasvenerin pohjalta oma Hilma-menetelmäksi kutsuttu päästölaskentamalli. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY vastaa pääkaupunkiseudun kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta ja ilmastostrategian toteutumisen seurannasta.

Tärkeimmät Hilma-menetelmään tuodut uudistukset olivat hyödynjakomenetelmän soveltaminen CHP-laitoksille sekä keskimääräisen valtakunnallisen sähkön päästökertoimen käyttö sähkönkulutuksen päästöjen laskennassa. Lämmityssähkölle laskettiin lisäksi oma, muuta sähkönkäyttöä korkeampi kerroin. HSY:n mallissa sähkönkulutus jaetaan *kulutussähköön* ja lämmityssähköön.

HSY:n menetelmään kuuluu myös trenditasoitusten käyttäminen. Sähköntuotannon vuosivaihtelujen vaikutuksen tasaamiseksi sähkön päästökertoimesta otetaan viiden viimeksi kuluneen vuoden keskiarvo. Lämmönkulutuksen poikkeamia tasattiin aluksi lämmitystarvekorjauksella, mutta tästä on siirrytty niin ikään viiden vuoden keskiarvoon.

Jätteiden käsittelyn kaatopaikkapäästöjen ja jätevedenpuhdistuksen osalta päästöt eivät perustu jätemääriin, vaan HSY:n omiin mittauksiin Ämmäsuon kaatopaikalla ja jätevedenpuhdistamoilla. Myös erillislämmityksen kulutuksen ja työkoneiden polttoaineen kulutuksen arvioiminen poikkeavat hieman muista Suomessa käytetyistä laskentamenetelmistä. Liikenteestä on mukana lentoliikennettä lukuun ottamatta kaikki liikennemuodot.

GPC-standardin viitekehyksessä HSY:n malli on BASIC-tason laskenta lisättyä maataloudella ja verkostohäviöillä, ja ilman paikallista lentoliikennettä.

#### 3.3.1 Sähkön päästökertoimet

Sähkön valtakunnallinen päästökerroin lasketaan jakamalla Suomen sähköntuotannon hyödynjakomenetelmällä lasketut päästöt kokonaiskulutuksella (=yleiskerroin). Aikajänne on yksi vuosi. Tuontisähkö on laskennassa päästötöntä. Lämmityssähkölle lasketaan oma, muuta sähkönkulutusta korkeampi päästökerroin. Vuoteen 2005 asti tämä kerroin oli vakio 400 g/kWh, minkä jälkeen sen on arvioitu muuttuvan samassa suhteessa kuin Suomen koko sähkönkulutuksen yleiskertoimen viiden vuoden keskiarvo. Kun lämmityssähkön kertoimella lasketaan lämmityksen osuus yleiskertoimen viiden vuoden keskiarvolla lasketuista Suomen sähköntuotannon päästöistä, jäljelle jää *kulutussähkön* päästöt. Kulutussähkön kerroin saadaan, kun nämä jäljelle jääneet päästöt jaetaan muulla kuin lämmityssähkön kulutuksella. Valtakunnalliseen lämmityssähkön kulutukseen ei lasketa mukaan saunojen lämmitystä.

### 3.4 Hinku-kunnat

SYKEssä Hinku-kunnille tehty kasvihuonekaasupäästöjen seuranta vastaa pääpiirteissään HSY:n mallia. Poikkeuksena on päästökauppaan kuuluva teollisuus, jonka polttoaineiden ja sähkönkulutuksen aiheuttamat päästöt jätetään Hinku-laskentojen ulkopuolelle. Päästökauppaan kuuluva lämmön- ja sähköntuotanto sen sijaan kuuluu energiankulutusperusteisen laskennan piiriin. Lämmitystarvekorjausta ei ole käytetty. Liikenteen osalta Hinku-kunnille on laskettu toistaiseksi vain tieliikenteen päästöt ja työkoneista mukana on ainoastaan arvio kevyttä polttoöljyä käyttävistä koneista. Tuulivoiman tuotannosta kunnat saavat sähkön yleiskertoimella (ks. luku 2.3.1) laskettuja päästökompensatioita. Tuotanto arvioidaan asennetun tuulivoimakapasiteetin ja valtakunnallisen vuosittaisen kapasiteettikertoimen perusteella.

### 3.5 Tilastokeskuksen alueelliset khk-päästöt

Tilastokeskus on julkaissut päästötietoja myös kunta- ja maakuntatasolla. Päästölaskenta perustuu kansalliseen kasvihuonekaasupäästöjen inventaarioon, jonka tiedot on allokoitu alueille alueellisten aktiviteettitietojen perusteella. Päästölaskenta on tuotantoperusteinen (Scope 1).

Luottamuksellisuussyistä Tilastokeskus ei voi julkaista päästökauppaan kuuluvia päästöjä kuntatasolla. Kuntien laskenta käsittää siis vain taakanjakosektorin päästöt. Maakunnittain julkaistaan kokonaispäästöt. Tällöin joitakin kansallisen inventaarion päästoluokkia on summattu isommiksi kokonaisuuksiksi. (Tilastokeskus 2016)

## 4. KÄYTTÖPERUSTEINEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN LASKENTA

Suomessa melko vakiintunut tapa laskea alueellisia kasvihuonekaasupäästöjä on GPC-standardin Scope 2 -tason mukaisesti energiankulutusperusteinen. Tästä on vanhastaan käytetty nimitystä kulutusperusteinen päästölaskenta, mikä aiheuttaa sekaannusta puhuttaessa todelliseen kunnan ja kuntalaisten kaikkeen kulutukseen perustuvasta Scope 3 -tason päästölaskennasta. Kulutusperusteinen päästölaskenta assosioituu elinkaarisesti laskettuun hiilijalanjälkeen, minkä johdosta niin sanotun perinteisen päästöseurannan kohdalla suositellaan käyttämään termiä *käyttöperusteinen päästölaskenta*.

Käyttöperusteisten päästöjen laskemiseksi suositellaan GPC-standardin BASIC-tasoa lisättynä maataloudella. Tällöin laskenta käsittää verkon kautta hankitun energian Scope 2 -päästöt, muun energiankäytön ja kaikkien liikennemuotojen Scope 1 ja 2 -päästöt, jätteiden käsittelyn Scope 1 ja 3 -päästöt sekä maatalouden Scope 1 -päästöt.

Päästösektoreista mukaan suositellaan otettavaksi ainakin rakennusten lämmitys (kaukolämpö, öljylämmitys, sähkölämmitys, maalämpö), sähkönkulutus (kulutussähkö), liikenne (tieliikenne, vesiliikenne, raideliikenne), teollisuuden polttoainekäyttö, työkoneet, jätteiden käsittely ja maatalous.

CHP-laitosten polttoaineiden ja päästöjen jyvitykseen käytetään hyödynjakomenetelmää, ja sähkön kulutukselle lasketaan valtakunnallinen ominaispäästökerroin. Kerroin voidaan laskea joko vuoden yli tai esimerkiksi kuukausitasolla. Vuosikerrointa käytettäessä voidaan harkinnan mukaan laskea lämmityssähkölle muuta sähkönkäyttöä korkeampi päästökerroin, kuten Hinku- ja HSY:n laskennoissa. CO<sub>2</sub>-raportin soveltama kuukausikertoimen laskenta mahdollistaa yhden päästökertoimen käytön. Sähkölämmitykselle tulee tässä tapauksessa todennäköisesti muuta sähköä suuremmat päästöt, kun lämmityssähkön kulutus on suurimmillaan talvikuukausina, jolloin myös sähkön päästökerroin on tavallisesti korkeampi kuin muina vuodenaikoina.

Päästötulokset voidaan esittää peruslaskennan lisäksi kokonaan ilman päästökauppasektoria (=taakanjakosektori) tai ilman päästökauppaan kuuluvaa teollisuutta, kuten Hinku-laskennoissa. Lämmitystarvekorjauksen tai muiden trendejä tasaavien menetelmien käytöstä tulee tehdä päätös onko niiden käyttö perusteltua vai ei.

Päästölaskentaan voidaan tarvittaessa sisällyttää myös teollisuusprosessit, F-kaasut ja LULUCF-sektorin päästöt ja nielut. Mikäli edelleen liikenteen päästöt laskettaisiin Scope 3 -tasolla (alueen ulkopuolelle suuntautuva liikenne), oltaisiin GPC-standardin BASIC+ -tasolla. Liikenteen, ja mahdollisesti myös maatalouden päästöjen laskentaa tulee kehittää Scope 1 -tasolta eteenpäin oikeudenmukaisempaan, kuntia ja alueita tasavertaisemmin kohtelevaan suuntaan.

## 5. KULUTUSPERUSTEINEN PÄÄSTÖJEN ARVIOINTI

Jatkossa kuntien käyttöperusteisen kasvihuonekaasupäästöjen vuosiseurannan rinnalle tuodaan kulutusperusteinen päästölaskenta. Kulutukseen perustuva, maantieteellisistä rajoista riippumaton hiilijalanjälki antaa täydellisemmän kuvan kunnan tai kaupungin ilmastovaikutuksesta. Tällöin ilmastoimia pystytään kohdentamaan entistä vaikuttavammin.

Käyttöperusteiset päästöt voivat vaihdella hyvin paljon elinkeinorakenteeltaan erilaisissa kunnissa, mikä johtuu etenkin teollisuuden, maatalouden ja läpikulkuliikenteen vaihtelevasta merkityksestä kuntien päästöjen aiheuttajana. Toisaalta peruslaskennasta puuttuu merkittävä osa kuntien ja kuntalaisten toiminnasta aiheutuvista päästöistä, jotka syntyvät erilaisten tuotteiden valmistuksessa kuntarajojen ulkopuolella sekä muun muassa matkustamisesta.

Kaupunkien ilmastoverkosto C40:n selvityksessä vertailtiin 79 kaupungin tuotanto- ja kulutusperusteisia päästöjä. 80 prosenttia kaupungeista (63 kaupunkia) oli niin sanottuja kuluttajakaupunkeja, joissa kulutusperusteiset päästöt olivat suuremmat kuin tuotantoperusteiset päästöt (C40 2018). Yli puolessa kaupungeista kulutuksen päästöt olivat vähintään kaksinkertaiset, ja kuudessatoista lähinnä Euroopan ja Pohjois-Amerikan kaupungissa yli kolminkertaiset tuotantoperusteisiin päästöihin verrattuna. Vastaavia tuloksia voidaan odottaa Suomenkin kaupungeille.

Merkittävimpiä kulutusperusteisessa laskennassa esiin nousevia välillisten päästöjen lähteitä ovat rakentamiseen tarvittavat materiaalit, kotitalouksien elintarvikehankinnat ja kulutustavaroiden hankinnat, kunnan ja valtion organisaatioiden hankinnat, kotimaan matkailu ja mökkeily sekä ulkomaan matkailu.

Tärkeä ero käyttöperusteiseen laskentaan on, että alueen teollisuuden päästöjä, maatalouden päästöjä ja palvelurakennusten, esim. kaupan kiinteistöjen energiankulutuksesta aiheutuvia päästöjä ei lasketa hiilijalanjälkeen mukaan. Lisäksi liikenteen laskenta perustuu asukkaiden ajokilometreihin, eikä alueella oleviin katuihin ja teihin ja niillä liikkuviin autoihin.

### 5.1 Laskentaperiaatteet

Kunnan hiilijalanjälki (=kulutusperusteiset kasvihuonekaasupäästöt) voidaan määritellä vastaavasti kuin valtion hiilijalanjälki: yhteenlasketut globaalit kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät loppukulutuksen edellyttämien tuotteiden ja palveluiden tuottamisesta ja käytöstä. Loppukulutus sisältää kotitaloudet, julkishallinnon ja pääomainvestoinnit. (Peters & Solli 2010)

Vastaava määritelmä sisältyy myös BSI:n PAS 2070 -standardin CB-laskentamalliin (BSI 2014). Laskenta tehdään kunnan asukkaan aktiviteettien aiheuttamien päästöjen näkökulmasta, jolloin myös julkishallinto ja yksityiset investoinnit palvelevat kuntalaista. Investoinneilla ymmärretään lähinnä infran ja talojen rakentamista. Laskennasta pyritään poissulkemaan vierailijoiden, kuten turismin vaikutus. Sen sijaan hiilijalanjälkeen lasketaan mukaan omien asukkaiden matkustamisen aiheuttamat päästöt.

PAS 2070:n mukaan hiilijalanjälkeen lasketaan suorat päästöt asumisen energiankulutuksen ja asukkaiden ajoneuvojen polttoainekäytön osalta. Muun kulutuksen, eli hankittavien tavaroiden ja palveluiden elinkaarten päästöjen arviointiin käytetään euromääräisiä kulutustietoja sekä ympäristölaajennettua panos-tuotos-mallia (EEIO). Päästökertoimet (kgCO<sub>2</sub>-ekv./€) eri kulutustuoteryhmille voivat vaihdella riippuen siitä tapahtuuko tuotanto kaupungissa, muualla maassa vai muualla maailmassa. Kansainvälisiä lähteitä päästökertoimille ovat esimerkiksi ecoinvent ja GTAP -tietokannat.

Suomalaisessa kontekstissa PAS:n mukainen asumisen energiankulutuksen ja ajoneuvojen päästölaskenta vastaa käyttöperusteista laskentaa, sillä poikkeuksella nykykäytäntöön, että tieliikenteen päästöt lasketaan ajoneuvojen omistukseen ja ajokilometreihin perustuen, alueen ulkopuolelle suuntautuvat matkat mukaan lukien. Myös julkishallinnon rakennusten energiankulutus ja joukkoliikenne voidaan laskea käyttöperusteisesti. Polttoaineiden käytöstä aiheutuviin päästöihin voidaan lisätä niiden tuottamisesta ja hankinnasta aiheutuva elinkaarilisa.

Epäsuorien päästöjen laskentaan on Suomessa käytettävissä EEIO-malli ENVIMAT ja Tilastokeskuksen kulutustutkimuksen kautta päästään hyvin käsiksi kotitalouksien kulutusmenoihin. Lisäksi tarvitaan tiedot kuntien ja valtion hankinnoista sekä rakentamisen päästöistä kunnittain.

## LÄHTEET

BSI 2014. The British Standards Institution. PAS 2070:2013. Incorporating Amendment No. 1. Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city. Direct plus supply chain and consumption-based methodologies. <https://shop.bsigroup.com/Browse-By-Subject/Environmental-Management-and-Sustainability/PAS-2070-2013/>

C40 2018. C40 Cities. Consumption-based GHG emissions of C40 cities. <https://www.c40.org/researches/consumption-based-emissions>

CO2-raportti 2018. Päästölaskennan tuoteseloste. Saatavilla verkosta esim. [https://www.kaarina.fi/ymparisto\\_ja\\_luonto/ymparistontila/fi\\_FI/co2raportti/files/99828694155358870/default/CO2-raportti\\_tuoteseloste\\_2018.pdf](https://www.kaarina.fi/ymparisto_ja_luonto/ymparistontila/fi_FI/co2raportti/files/99828694155358870/default/CO2-raportti_tuoteseloste_2018.pdf)

GHG Protocol 2014. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities. [http://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP\\_GPC\\_0.pdf](http://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP_GPC_0.pdf)

IPCC 2018. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

JRC 2018. Joint Research Centre (JRC). Bertoldi, P. (toim.). Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)' Part 2 – Baseline Emission Inventory (BEI) and Risk and Vulnerability Assessment (RVA). JRC Science for Policy report. [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112986/jrc112986\\_kj-nb-29412-en-n.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112986/jrc112986_kj-nb-29412-en-n.pdf)

Peters G. & Solli, C. 2010. Global carbon footprints. Methods and import/export corrected results in global carbon footprint studies. TemaNord 2010:592 <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:701599/FULLTEXT01.pdf>

SYKE 2007. Petäjä, J. Suomen ympäristökeskus. Kasvener. Kuntatason kasvihuonekaasu- ja energiatasemalli. Ohje. [Excel-tiedosto]

Tilastokeskus 2016. Alueellisten khk-päästöjen laskentamenetelmät. [https://www.stat.fi/til/khki/2013/khki\\_2013\\_2014-05-22\\_men\\_002.html](https://www.stat.fi/til/khki/2013/khki_2013_2014-05-22_men_002.html)

Tilastokeskus 2019. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous –sektorin nielu 20 miljoonaa hiilidioksiditonna. [http://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/01/khki\\_2017\\_01\\_2019-01-15\\_tie\\_001\\_fi.html?ad=notify](http://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/01/khki_2017_01_2019-01-15_tie_001_fi.html?ad=notify)

### LIITE 3. HIILIKREDIITIT METSÄHANKKEISTA – KÄYTTÖ JA KOKEMUKSET KALIFORNIAN PÄÄSTÖKAUPPAJÄRJESTELMÄSTÄ

Larissa Vuori ja Markku Ollikainen, Helsingin yliopisto

#### 1. JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen torjuminen edellyttää hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ja merkittäviä hiilinieluja. Hiilidioksidia tulee myös tarkoituksenmukaisesti poistaa ilmakehästä käyttäen hiilensidontaa. Hiilensidontan tarpeellisuutta metsään ja maahan korostaa Euroopan tiedeunionin yhteiselin EASAC, joka raportoi, ettei hiilen poistaminen tällä hetkellä tiedossa olevien CCS- ja BECCS-tekniikoiden avulla ole realistista (EASAC, 2018).

Sääntelyn ja perinteisten ohjauskeinojen käytön tehostamisen ohella ilmastopoliittiseen keskusteluun on lisääntyvästi noussut kysymys toimijoiden mahdollisuudesta kompensoida päästöjään. Päästöjen kompensointi voi olla pakollista tai vapaaehtoista. Kummassakin tapauksessa toimija korvaa tuotannostaan tai kulutuksestaan aiheutuvat päästöt hankkimalla toisaalta vastaavan määrän päästövähennyksiä, niin sanottuja hiilikrediittejä. Hiilikrediittejä luodaan hiilidioksidia sitovien tai päästöjä vähentävien hankkeiden avulla. Jotta ostaja voi luottaa toteutuneeseen päästövähennykseen, on olemassa erilaisia todentamisjärjestelmiä eli standardeja, jotka määrittelevät hiilikrediittien luomisen edellytykset. Projekteille asetetut kriteerit vaihtelevat standardeittain.<sup>3</sup> (Hamrick & Gallant, 2017b). Jokainen hiilikrediitti numeroidaan, ja kukin on mahdollista myydä ja ostaa useamman kerran. Jos omistaja haluaa käyttää yksikön päästöjensä kompensointiin, yksikkö merkitään käytetyksi eikä sillä voi enää käydä kauppaa. Syntyneet päästövähennykset ovat aina kolmannen osapuolen varmentamia. (Hamrick & Gallant, 2017b)

Osa päästökauppajärjestelmistä ja valtioiden ilmasto-ohjelmista hyväksyy hiilikrediittien käytön toimijakohtaisten päästövähennysvaatimusten täyttämiseksi, jolloin hiilikrediiteillä käydään kauppaa *velvoitemarkkinoilla*. Velvoitemarkkinat ovat yksittäisen päästökauppajärjestelmän tai ilmastopöytäkirjan säätelemät, ja päästöjen vähennykseen tulee soveltaa vain hyväksytyjä, yleensä systeemin itsensä tuottamia standardeja. *Vapaaehtoisilla markkinoilla* hiilikrediitin ostajat kompensovat päästöjään oma-aloitteisesti, jolloin hankittujen hiilikrediittien määrä riippuu ostajan omista preferensseistä. Vuoden 2018 ensimmäisellä neljänneksellä vapaaehtoisilla markkinoilla vaihdettujen hiilikrediittien keskihinta oli 3-6 dollaria per hiilidioksidiekvivalenttitonni. (Hamrick et al., 2018). ICAO-sopimuksen myötä lentoliikenne on sitoutunut rajoittamaan päästönsä vuoden 2020 tasolle ja puolittamaan sen vuoteen 2050 mennessä – merkittävä osa tavoitteesta on tarkoitus saavuttaa hiilikompensaatioiden, eli hiilikrediittien ostojen avulla (ICAO, 2018).

Kiinnostus kansallisten hiilikompensaatioiden kehittämiseen maa- ja metsätaloudesta kasvaa koko ajan. Ranskan aloite 0,4 promillen hiilensidonnasta maaperään tai ajatukset metsänielun kasvattamisesta kulutuksen päästöjen vapaaehtoiseen kompensointiin käyvät tästä esimerkkinä. Hiilikrediittien tuottaminen ja välittäminen synnyttää ennen muuta kysymyksen, kuinka tuottaa hiilensidontaa, joka on lähtötilanteeseen nähden lisäinen, pysyvä ja ostajan kannalta varmistettu tuote?

Hiilikrediittien tuottaminen metsähankkeista on tähän saakka ollut suhteellisen vähäistä. Valtaosa globaaleille hiilimarkkinoille päästövähennysyksiköitä tuottavista kompensointiprojekteista toimivat kehittyvissä maissa uusiutuvan energian tai REDD+ ohjelman parissa (Hamrick & Gallant, 2017b). Taloudellisesti kehittyneissä maissa on jonkin verran kokemuksia metsähankkeista.

Iso-Britanniassa toimii The Woodland Carbon Code -ohjelma, johon rekisteröidyt metsityshankkeet osallistuvat Pariisin sopimuksen alaisten kansallisten päästövähennystavoitteiden saavuttamiseen (The Forestry Commission, 2018). Vuonna 2016 Iso-Britanniassa oli käynnissä 242 metsähanketta, joista suurin osa kuului ohjelmaan (Hamrick & Gallant, 2017a). Myös Ranskassa pilotoitiin metsien ja maankäytön hiilensidontaa edistävä järjestelmä vuonna 2017 (I4CE, 2016).

<sup>3</sup> Päästövähennyksiin on mahdollista yhdistää myös muita hyötyjä sidotun hiilidioksidin lisäksi. Etenkin vapaaehtoisilla markkinoilla projektit pyrkivät parantamaan paikallisten asukkaiden elintasoja tai tukevat alueen biodiversiteettiä hanketoiminnan kautta. Vuonna 2016 42 % hiilikrediittien ostajista piti lisähyötyjä tärkeimpänä ostopäätökseen vaikuttavana tekijänä, mikä edusti 72 % koko markkinavolyymista. (Hamrick & Gallant, 2017a)



Uudessa Seelannissa metsien hiilinielu otettiin osaksi maan päästökauppajärjestelmää vuonna 2007. Vuoden 1989 jälkeen istutetun metsän maanomistajat saavat osallistua ohjelmaan vapaaehtoisesti, ja heille myönnetään tai vastavuoroisesti heiltä peritään Uuden Seelannin päästökaupan päästöoikeuksia lisääntyneen tai vähentyneen hiilensidonnann mukaisesti. Vuotta 1990 aiemmin olemassa olleiden metsien maanomistajat ovat automaattisesti mukana ohjelmassa, ja he ovat velvoitettuja korvaamaan menetetyt hiilitonnit, mikäli metsäalue pienenee yli kahdella hehtaarilla. Mahdollisesta lisääntyneestä hiilensidonnasta ei myönnetä päästöoikeuksia. (Ministry for Primary Industries, 2015) Vuonna 2017 ohjelman piirissä oli yli 2000 hanketta (Hamrick & Gallant, 2017a).

Ehkä laajin ja systemaattisin kokemus hiilikrediittien tuottamisesta on Kalifornian päästökauppaan kompensatioita tuottavilla standardeilla. Vuonna 2006 Kaliforniaan perustettiin päästökauppajärjestelmä ilmasto- ja energiapolitiikan ohjauskeinoksi. Järjestelmän periaatteiden mukaan kukin yritys voi kompensoida enintään 8 prosenttia päästövähennysvaatimuksestaan hiilikrediiteillä. Järjestelmä hyväksyy 5 erilaista protokollaa päästövähennyksien kompensointiin: 1) Yhdysvaltain metsäprojektit, 2) karjaprojektit, 3) otsonia ilmakehästä poistavat projektit 4) kaupunkiympäristön metsitysprojektit sekä 5) kaivosten metaania keräävät projektit. Kaliforniassa on vuodesta 2006 lähtien toiminut California Air Resources Boardin (ARB) ylläpitämä The Forest Offset Protocol -ohjelma, joka todentaa kansallisia kompensatioprojekteja Kalifornian päästökaupan alaisille velvoitemarkkinoille. Tässä selvityksessä esittelemme tarkemmin kuinka FOP-ohjelma toimii.

Tässä raportissa keskitytään tarkastelemaan kuinka Kaliforniassa tuotetaan hiilikrediittejä metsähankkeista. Esittelemme, millaisia hankkeita on, kuinka hiilikrediitit lasketaan, millaisia kriteereitä hiilinielun arvioimiseksi on ja kuinka metsänomistaja voi verifioida hiilensidonnasta ansaitsemansa hiilikrediitit. Selvityksemme pohjautuu Marland et al. julkaisemaan kirjaan *Understanding and Analysis: The California Air Resources Board Forest Offset Protocol* (2017), joka esittelee kattavasti sekä standardin ominaisuudet että sen kohtaamat haasteet ja mahdollisuudet, sekä tarkastelee protokollan piirteitä laajemmin myös sidosryhmien kuten maanomistajan ja lainsäädännön näkökulmasta.

## 2. KALIFORNIAN THE FOREST OFFSET PROTOCOL –OHJELMAN YLEISKUVAUS

Kompensaatiostandardi The Forest Offset Protocol (FOP tästä eteenpäin) kattaa kolme erityyppistä metsäprojektia, niihin liittyvät hiilivarannot sekä vaatimukset hankkeiden kelpoisuudesta, seurannasta ja sitoumuksista. Kaikki hankkeet tuottavat krediittejä 25 vuoden periodin ajan ja ARB:n niin hyväksyessä voivat saada uuden kreditointiperiodin. Kaikkien metsäprojektien tulee sitoutua siihen, että tuotetut krediitit säilyvät metsässä vähintään 100 vuoden ajan laskettuna krediittien luomishetkestä.

Ohjelmaan on mahdollista rekisteröidä kolmen tyyppisiä metsähankkeita:

### **Uudelleenistutus:**

Hanke ennallistaa metsän alueelle, joka ei ole riittävän metsäinen, kuten esimerkiksi muuhun maankäyttöön raivatulle entiselle metsämaalle.

### **Hiilen sidontaa edistävä metsänhoito:**

Hankkeet muuttavat metsänhoitoa siten, että se ylläpitää tai kasvattaa metsän hiilivarantoa verrattuna vertailuarvoon.

### **Vältetty metsän hävittäminen:**

Hanke estää metsämaan muuttamisen ei-metsämaaksi, kuten peltomaaksi.

Uudelleenmetsityksessä projekti metsittää alueen, joka ei sillä hetkellä sido hiiltä nielupotentiaalista huolimatta. Alueen latvuston tiheyden on tulla ollut alle 10% viimeisimmän 10 vuoden aikana, eikä aluetta saa päätehakata projektin ensimmäisten 30 vuoden aikana. Projekteissa, joissa hiilensidontaa lisätään metsähoidon kautta, metsää harvennetaan ja kiertoaikaa muutetaan siten, että biomassan määrä kasvaa vertailuarvoon nähden. Maankäytön muutoksen välttävät projektit taas säilyttävät metsän, joka tulisi ilman projektia raivatuksi, ja myönnetyt päästövähennysyksiköt arvioidaan metsämaan markkina-arvon ja muun maankäytön markkina-arvon erotuksen mukaan. Projektin tulee todistaa metsän olevan merkittävän uhan alaisena, ja että ilman projektia metsä todennäköisesti hakattaisiin.

Mikään projektialue ei saa olla mukana toisessa kompensatiojärjestelmässä, eikä sitä saa lannoittaa. Kaikkien Kalifornian päästökaupan alaisten projektien tulee sijaita Yhdysvalloissa (Hamrick & Gallant, 2017a).

Protokollan mukaan päästövähennysten tulee olla 1) todellisia 2) lisäisiä 3) laskettavia 4) pysyviä 5) todennettuja sekä 6) toimeenpantavia. Tämän lisäksi kompensatiojärjestelmän tulee olla läpinäkyvä, luotettava sekä rehellinen.

Projekteille asetetut vaatimukset sekä päästövähennyskiköiden hinnat vaihtelevat standardeittain. Metsäprojektien standardit eroavat toisistaan erityisesti hiilensidonnan säilytysvaatimusten sekä yhden kompensointikauden pituuden osalta. Osa standardeista hyväksyy myös projektin koostumisen useammista, toisistaan erillisistä ja eri omisteisista pienistä alueista, mikäli transaktiokustannukset ovat liian korkeat alueiden osallistumiseen itsenäisesti.

Taulukkoon 1 on kerätty tietoa metsäohjelmista, joita standardit tarjoavat Yhdysvaltojen hiilimarkkinoille, sekä niiden eroavaisuuksista projekteille asetetuissa kriteereissä. Erityisesti ohjelmat eroavat kompensointikauden pituudessa; esimerkiksi Climate Action Reserven metsäohjelmaan tulee sitoutua vähintään 100 vuodeksi, jonka jälkeen myös hiilinielu tulee säilyttää seuraavat 100 vuotta. Lyhyemmän kompensointikauden ohjelmia on mahdollista jatkaa kauden päätyttyä uusimalla projekti. Ohjelmista vain The American Carbon Registry sekä Chicago Climate Exchange vaativat 100 vuotta lyhyemmän ajan hiilinielun säilytykselle.

Uudelleenmetsityksen ja tehokkaamman metsänhoidon projektit voivat sijoittua joko yksityiselle tai kunnan omistamalle maalle. Myös osavaltion omistama alue hyväksytään. Maankäytön muutoksen estävän projektialueen tulee kuitenkin aina olla yksityisomistuksessa, tai alueen tulee olla siirtynyt julkisomistukseen projektin

Taulukko 1. Vertailu eri standardien metsäohjelmien kriteereistä (Marland et al. 2017).

Standardi	Hiilinielun säilytysvelvollisuus	Projektityypit	Projektikausi	Yhteisprojektit
The American Carbon Registry (ACR) – <i>Forest Carbon Project Standard</i> (Versio 2.1, 8/2010)	40 vuotta. Velvoittaa monitorointiin sekä verifointiin.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenmetsitys</li> <li>• Tehokkaampi metsänhoito</li> <li>• REDD</li> <li>• Bioenergia</li> </ul>	10 – 40 v.	Sallittu
Climate Action Reserve (CAR) – <i>Forest Project Protocol</i> (Versio 3.3, 11/2012)	100 vuotta. Velvoittaa monitorointiin, verifointiin sekä raportointiin.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenmetsitys</li> <li>• Tehokkaampi metsänhoito</li> <li>• Maankäytön muutoksen välttäminen</li> </ul>	100 v.	Sallittu
Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) – <i>Offset Protocol U.S. Forest Projects</i> (13/7/2013)	100 vuotta. Velvoittaa monitorointiin, verifointiin sekä raportointiin.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenmetsitys</li> <li>• Tehokkaampi metsänhoito</li> <li>• Maankäytön muutoksen välttäminen</li> </ul>	25 v.	Ei sallittu
Chicago Climate Exchange (CCX) – <i>Forestry Carbon Sequestration Project Protocol</i> (6/2015)	15 v. Lisäksi projektin tulee esittää vakaumus pyrkimyksestä säilyttää hiilinielu pitkällä aikavälillä.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenmetsitys</li> <li>• Kestävä metsänhoito</li> <li>• Kaupunkialueiden metsitys</li> </ul>	Koko ohjelmalle yhteinen kausi.	Sallittu
California Air Resources Board (ARB) – <i>Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects</i> (6/2015)	100 v. Velvoittaa monitorointiin, verifointiin sekä raportointiin.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenmetsitys</li> <li>• Tehokkaampi metsänhoito</li> <li>• Maankäytön muutoksen välttäminen</li> </ul>	25 v.	Ei sallittu

käynnistymisen johdosta. Kalifornian päästökauppajärjestelmä ei hyväksy projekteja, jotka sijoittuvat liittovaltion omistamalle maalle.

Kaikkien projektien tulee täyttää paikalliset, alueelliset sekä valtiolliset lakivaatimukset ympäristö-, terveys- sekä turvallisuusvaikutusten osalta. Mikäli lainsäädäntöä ei noudateta, projektille ei myönnetä päästövähennysyksiköitä.

### 3. HIILIKIRJANPITO JA HIILENSIDONNAN LÄHTEET

Kaikesta projektin hiiltä sitovasta tai päästävästä toiminnasta tulee pitää tarkkaa ja johdonmukaista kirjanpitoa. Vuotuinen tarkoituksellinen positiivinen muutos hiilivarannossa kirjataan projektin primääriseksi vaikutukseksi. Sekundääriset vaikutukset ovat projektista aiheutuneita, kuitenkin tahattomia muutoksia, kuten vahingon aiheuttama hiilivarannon aleneminen tai itse projektitoiminnan hiilidioksidipäästöt. Jos kirjanpidossa esiintyy yli 5 % suuruisia virheitä tai jos projekti ei ole noudattanut alueensa lainsäädäntöä, ARB voi mitätöidä jo luodut päästövähennysyksiköt.

Taulukko 2 havainnollistaa eri projektityyppien erot hiilikirjanpidossa, sekä mitä hiilensidonnassa tai hiilidioksidipäästöjen lähteitä projektinhallinnassa tulee huomioida sekä raportoida. Hiilikrediitit luodaan pääasiassa paljon hiiltä sitovien lähteiden kuten pystyvuun määrän perusteella. Osa projektin vaikutuksista on myös hankalia arvioida, etenkin sekundääristen vaikutusten kohdalla, jolloin arviointiin ja mallinnukseen käytetään etukäteen sovittuja oletusarvoja. Lisäksi vaikka monet projektinhallinnan oheistoiminnat tuottavat todennäköisesti joko sidottua hiiltä tai hiilidioksidipäästöjä, tai molempia kuten puista varissut lehtiaines, ei ARB velvoita projekteja automaattisesti laskemaan näiden tekijöiden vaikutuksia.

Taulukko 2. Eri hiilivarannon lähteet ja niiden huomioiminen hiilensidonnassa projektityypeittäin (California ARB 2015).

	Kategoria	Kaasu	UM	TM	MM
1	Elävät puut	CO <sub>2</sub>			
2	Aluskasvillisuus	CO <sub>2</sub>			
3	Kelopuut	CO <sub>2</sub>			
4	Lahopuut	CO <sub>2</sub>			
5	Lehtikarike	CO <sub>2</sub>			
6	Maaperä	CO <sub>2</sub>			
7	Käytössä olevat puutuotteet	CO <sub>2</sub>			
8	Kaatopaikan puutuotteet	CO <sub>2</sub>			
9	Projektin aloittamisen biologiset päästöt	CO <sub>2</sub>			
10	Liikennepäästöt projektin alussa	CO <sub>2</sub>			
11	Projektin ylläpidon liikennepäästöt				
12	Projektin ylläpidon kiinteät päästöt				
13	Metsänraivaus projektialueen ulkopuolella	CO <sub>2</sub>			
14	Hakkuut projektialueen ulkopuolella	CO <sub>2</sub>			
15	Päästöt puutuotteiden tuotannosta, kuljetuksesta sekä hävittämisestä				
16	Päästöt vaihtoehtoisten tuotteiden tuotannosta, kuljetuksesta sekä hävittämisestä				
17	Päästöt puutuotteiden hajoamisesta	CO <sub>2</sub>			

UM = uudelleenmetsitys

TM = tehokkaampi metsänhoito

MM = maankäytön muutoksen välttäminen

	sisältyy
	sisältyy ehdollisesti
	ei sisälly

Protokollan edellyttämät arvioitavat ja raportoitavat vaikutukset riippuvat projektin tyypistä. Esimerkiksi projektin alkuvaiheessa liikennepäästöjen oletetaan olevat merkittävät uudelleenmetsitysprojekteissa, sillä metsänistutus aiheuttaa liikennettä projektialueella. Kahdessa muussa projektityypissä metsän oletetaan olevan jo istutettu. Lisäksi tehokkaamman metsänhoidon ei oleteta lisäävän metsäkatoa tai hiilidioksidipäästöjä projektialueen ulkopuolella, toisin kuin uudelleenistutuksen ja maankäytön muutoksen estävissä hankkeissa.

Hakkuun jälkeen metsään jätettyyn lahopuuhun sitoutunut hiili on mahdollista ottaa huomioon laskelmissa. Maaperään sitoutunutta hiiltä ei lasketa hiilivarantoon, mutta se katsotaan päästölähteeksi, mikäli maaperää muokataan yli 25 % osuudella koko projektialueesta. Kaatopaikalle päätyvän puun ja puujätteen katsotaan varastoivan hiiltä vain silloin, jos projektin hiilivaranto painuu vertailuarvoa alhaisemmaksi hakkuiden vuoksi. Suomessa lähes kaikki jäte kuitenkin poltetaan, jolloin kaatopaikoille ei synny merkittävää hiilinielua.

Hiilikirjanpidon tulee olla protokollan kriteerien mukaan 1) kattavaa, 2) johdonmukaista, 3) läpinäkyvää, 4) tarkkaa sekä 5) konservatiivista. Kirjanpidon tulee ottaa huomioon kaikki mahdollisen nielun ja päästöjen lähteet, sekä ajallisen että maantieteellisen rajoituksen puitteissa. Lisäksi hiilivarannon arvioinnin tulee perustua samoihin kriteereihin ja menetelmiin koko projektin ajan, jotta luodut päästövähennysyksiköt perustuisivat muuttuneeseen nettohiilensidontaan eivätkä käytettyjen menetelmien vaihtumiseen.

Kompensatioiden aitous nojaa kolmannen osapuolen tekemään verifiointiin, ja läpinäkyvyys laskentamenetelmissä sekä dokumentoinnissa koko projektin ajan lisää päästövähennysyksikön käyttäjän varmuutta siitä, että vähennykset ovat sekä todellisia että lisäisiä. Kirjanpidon tulee pyrkiä tarkkuuteen sekä epävarmuuden ja harhan vähentämiseen, sekä laskentamenetelmissä että mittausjärjestelmässä. Jos päästövähennysten ja hiilensidonnan arvioinnissa esiintyy epävarmuutta, tulee hyödyt aina aliarvioida ja haitat yliarvioida ja näin luoda skenaario, joka tuottaa pienimmän mahdollisen määrän päästövähennysyksiköitä.

#### 4. VERTAILUARVON MÄÄRITYS

Kukin projekti ansaitsee päästövähennysyksiköitä vain hiilinielusta, jota ei olisi syntynyt ilman projektin toimenpiteitä. Tämän “lisäisen” hiilen määrän selvittämiseksi tulee projektin aluksi arvioida alueen hiilivaranto ja sen muutokset. Tämän jälkeen mallinnetaan ARB:in hyväksymillä menetelmillä, kuinka hiilivaranto muuttuisi ilman projektia *business as usual* (BAU) -skenaariossa 100 vuoden aikana. Näin määritetään projektin vertailuarvo, johon projektin aikana kasvanutta hiilinielua verrataan. Kun projekti sitoo hiiltä enemmän kuin BAU-skenaariossa, ovat luodut päästövähennysyksiköt aidosti lisäisiä. Esimerkiksi uudelleenistutusprojekti ei ole oikeutettu päästövähennysyksiköihin, mikäli alue olisi joka tapauksessa metsitetty uudelleen esimerkiksi päätehakkuun jälkeen.

Maankäytön muutoksen välttämissä projekteissa mallinnetaan, kuinka paljon hiiltä olisi vapautunut 10 vuoden aikana, jos metsä olisi raivattu muuhun viljelykäyttöön, ja päästövähennysyksiköt luodaan säästetyn hiilivarannon perusteella. Mallinnukseen käytetään markkinadataa, jonka perusteella arvioidaan, kuinka todennäköistä maankäytön muutos olisi ilman projektia.

Alkuperäisen hiilinielun ja BAU-skenaarion arviointiin käytetään aineistoa, jota tulee olla saatavilla vähintään viimeisen 10 vuoden ajalta jokaista projektia kohden. Datan tulee sisältää tietoa alueen hiilivarannosta, puulajista, metsän kasvusta, aikaisemmista korjuista, sekä miksi tuotteeksi korjattu puu yleensä päätyy.

#### 5. HIILEN SIDONNAN MALLINNUS JA RAPORTOINTI

Projektialueesta otetaan näytteitä koko projektin ajan vähintään 12 vuoden välein ja hiilivaranto estimoidaan käyttäen tilastollisia menetelmiä. Projektin hiilivaranto inventoidaan ja raportoidaan vuosittain käyttäen ARB:in hyväksymiä kasvumalleja, ottaen huomioon mahdolliset harvennukset ja alueella tapahtuneet tahattomat vahingot. Mallinnukseen käytetään tietoa muun muassa alueella sovelletuista metsänhoidon menetelmistä, ennustetuista harvennuksista sekä kasvuennusteista. Koska vuotuinen nettonielu on kuitenkin vain arvio, vähennetään päästövähennysyksiköistä tietty osuus sen mukaan, kuinka suuri epävarmuuden uskotaan olevan.

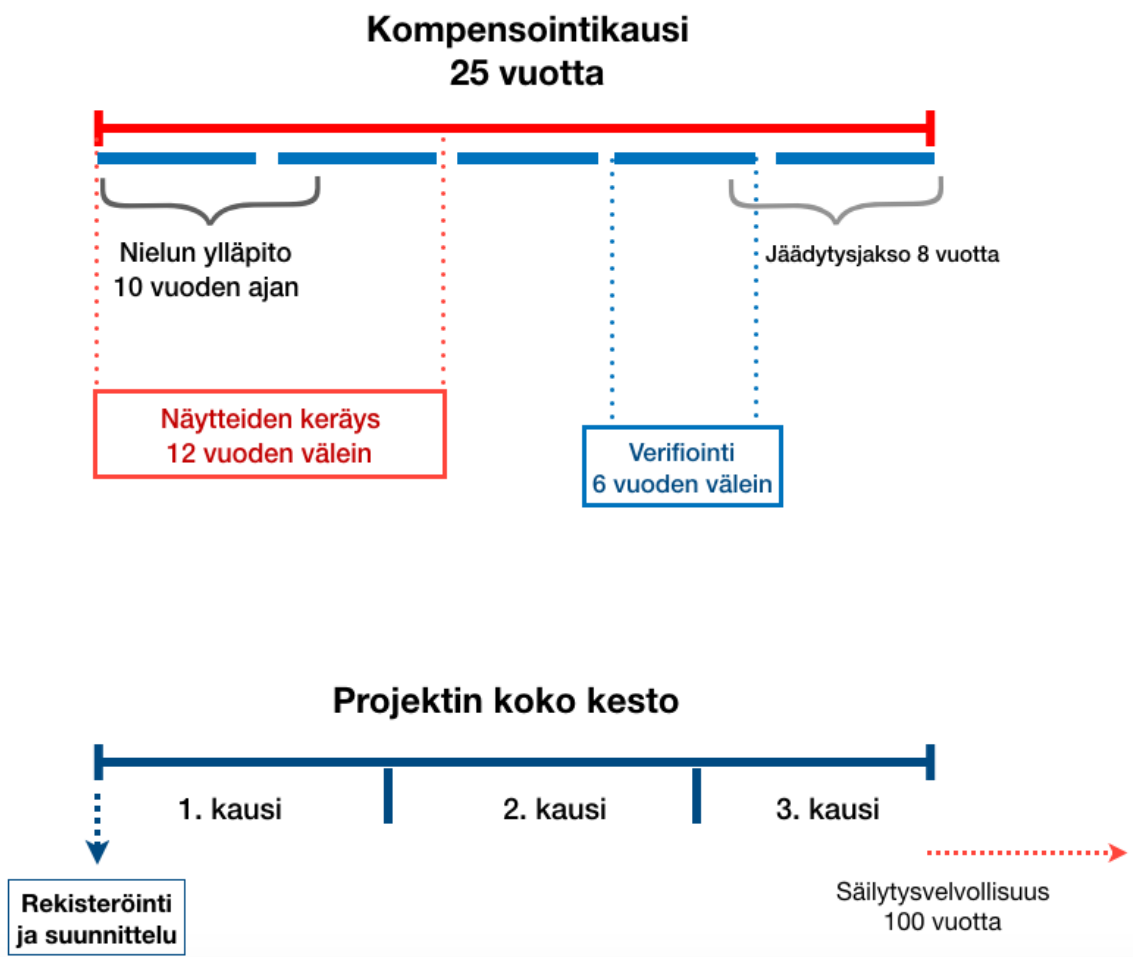
Vähennys arvioidaan laskemalla otantavirheen suuruus 90 % luottamusvälillä. Jos arvo on alle 5% hiilivarannon estimaatista, vähennystä ei tehdä. Jos arvo on 5,1 %, vähennys on 0,1 % ja niin edelleen, kunnes virheen arvo ylittää 20 % eikä projektille myönnetä päästövähennysyksiköitä lainkaan. Mitä tarkemmin ja kattavammin projektin omistaja

ottaa siis näytteitä, sitä pienempi vähennys on. Vähennys lasketaan jokaisen verifiointin yhteydessä ja lisätään jokaisen verifiointin alaisen projektivuoden hiilivarantoon takautuvasti. Vähennystä ei tehdä vertailuarvoon.

Projekti on jaettu jaksoihin, joista kunkin vähimmäispituus on 25 vuotta. Mikäli projekti päättyy, tulee jokaisen luodun päästövähennysyksikön edustaman hiilinielun säilyä vähintään 100 vuotta. Projektin ollessa aktiivinen säilytysvelvoite on 10 vuotta.

Kuva 1 havainnollistaa projektin kulkua sekä raportoinnin ja verifiointin jaksottumista projektin koko keston ajan. Projekti alkaa sen rekisteröinnistä protokollaan, jolloin sen toimintasuunnitelma ja protokollan vaatimat dokumentit tulee toimittaa ARB:lle, ja projektin kelpoisuus arvioidaan. Protokollan mukaan projekti tulee todentaa ohjelman hyväksymän kolmannen osapuolen toimesta tasaisin väliajoin koko projektin sekä sen hiilivarannon säilytysvelvollisuuden ajan. Ensimmäinen todennus tulee tehdä 9 kuukauden kuluessa projektin oltua käynnissä vuoden, ja tämän jälkeen todennus tehdään vähintään 6 vuoden välein. Uudelleenmetsitysprojektien on mahdollista lykätä järjestyksessä toista todennusta 12 vuodella.

Jos projektin hiilivaranto on jostain syystä vähentynyt tai jos projektissa on tapahtunut jokin muu virhe, voidaan projektin tuottamat päästövähennysyksiköt jäädyttää 8 vuodeksi. Jos projekti kuitenkin todennetaan 3 vuoden välein käyttäen eri todentajia, lyhenee mahdollisesta virheestä seuraava jäädytys kolmeen vuoteen. Mikäli todennusta tai raportointia ei tehdä määräaikoina, projekti päättyy.



Kuva 1. Projektin aikajana (Marland et al. 2017).

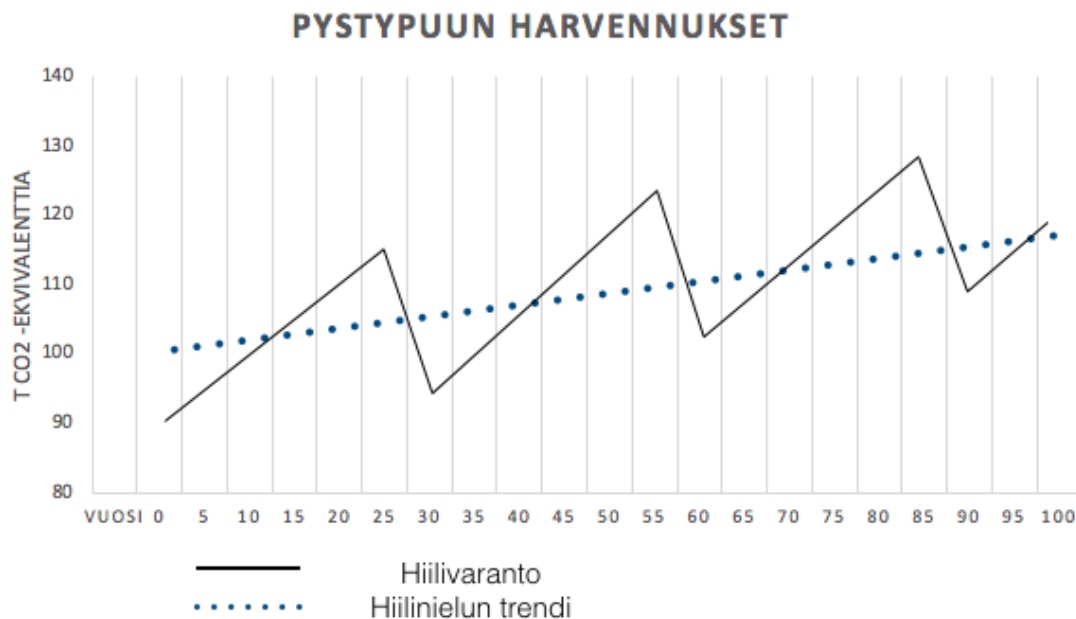
## 6. PUUTUOTTEIDEN HIILINIELU

Koska projektin puustoa on protokollan mukaan mahdollista harventaa ja korjata sillä ehdolla, ettei vuotuinen hiilivaranto pienene vertailuarvon alapuolelle, ARB hyväksyy päästövähennysyksiköiden luomisen myös tuotettujen puutuotteiden osalta.

Kuva 2 havainnollistaa, että vaikka puustoa harvennetaan, tulee pitkällä aikavälillä sidotun hiilen ja biomassan määrän kasvaa.

Projektinomistajan tulee esittää suunnitelma tai todiste siitä, miten alueen hakkuut aiotaan toteuttaa kestävästi. Alue voi olla esimerkiksi sertifioitu kestävä käytön ohjelmaan, tai olla valtion tai kunnan hallinnossa, jolloin ARB olettaa metsänhoidon olevan suunnitelmallista. Mikäli alueella sovelletaan jatkuvan kasvatuksen menetelmää eli metsän rakenne on eri-ikäinen, tulee metsän peitteisyyden säilyä 40 prosentissa. (California ARB, 2015)

Jokaiselle puutuotteelle on arvioitu varastointiaste sen käyttöiän ja -tarkoituksen mukaan, ja esimerkiksi havupuuvaneri varastoi protokollan mukaan 48,4 % korjatun puun hiilestä 100 vuodeksi. Puutuotteiden lopullinen hiilensidonta lasketaan vähentämällä puutavarasta tuotannollisista syistä käyttämätön puumassa sekä kertomalla jäljelle jäänyt osuus varastointiasteella. Kaikki yksiköt tulee olla muunnettu hiilitonneiksi, tarvittaessa arvo voidaan kuitenkin muuttaa kilogrammoiksi puulajin tiheyden perusteella. Taulukko 3 esittää yleisimpien puun pitkäaikaiskäyttötarkoitusten varastointikertoimet



Kuva 2. Sallitut harvennukset ja hiilivarannon kasvu protokollan puitteissa (California ARB 2015).

Taulukko 3. Esimerkkejä varastointikertoimista (Marland et al. 2017).

	Havupuutukki	Lehtipuutukki	Havupuuvaneri	OSB-levy	Paneeli	Muut
Varastointikerroin	0,463	0,25	0,484	0,582	0,38	0,176



Puutuotteiden ominaisuudet ja kierrätysmahdollisuudet muuttuvat ajan kuluessa puuraaka-aineen hinnanmuutosten ohella, mikä vaikuttaa metsänomistajan päätöksiin sekä puuhun sitoutuneen hiilen säilyvyyteen. Protokolla arvioi puutuotteille myönnettävät päästövähennysyksiköt vuosittain, ja pyrkii näin kannustamaan metsänomistajaa tuottamaan pitkäikäisiin puutuotteisiin kuten rakennusmateriaaleihin soveltuvia puulajeja.

## 7. PROJEKTIEEN TOTEUTTAMISEEN LIITTYVIEN RISKIEN HUOMIOONOTTAMINEN

Projektialueet ovat yleensä alttiita erilaisille vahingoille ja häiriöille, kuten metsäpaloille, tuholaisille ja kasvitaudeille, jolloin hiilinielu vaarantuu ja sidottu hiilidioksidi saattaa palautua takaisin ilmakehään. Standardeilla on erilaisia keinoja varautua riskeihin, jotta päästövähennysyksikön ostaja voi luottaa toteutuneeseen päästövähennykseen, sekä varmistua projektin kyvystä korvata mahdollisesti projektialueella häiriön vuoksi menetetyt hiilitonnit.

Joka vuosi hiilivarantoa verrataan projektin alussa määritettyyn vertailuarvoon. Mikäli projektin hiilivaranto pienenee tahattoman vahingon seurauksena, kuten esimerkiksi metsäpalon vuoksi, korvataan menetetyt päästövähennysyksiköt ohjelman yhteisestä puskurivarastosta, eikä projekti luo uusia yksiköitä. Osa protokollista, kuten American Carbon Registry (ACR), palauttaa osan irrotetuista yksiköistä projekteille verifiointin jälkeen, ja lisäksi ACR vaatii todisteen tai pantin projektin taloudellisesta kannattavuudesta.

Jokaisesta projektista irrotetaan tyypillisesti 11-28 % päästövähennysyksiköistä puskuriin sen mukaan, kuinka riskialtis alue on. Riskiarvio muodostetaan California ARB:in kehittämien arviointimenetelmien avulla, ja toteutettavaa vähennystä on mahdollista pienentää, jos projekti soveltaa alueella esimerkiksi metsäpaloalttiutta vähentäviä toimenpiteitä.

Eri riskitekijät voidaan luokitella kategorioihin niiden syntyperän mukaan. Tunnetuimpien riskien varalta standardi on laskenut ja määritellyt oletusriskiarvot, joiden kautta kokonaisriskiarvo määritetään. Taulukko 4 havainnollistaa, miten protokolla jäsentelee eri riskit, jotka voivat vaarantaa projektin etenemisen, ja kuinka riskiä hallitaan. Suuri osa riskeistä perustuu hiilidioksidipäästöjen syntymisen uhkaan, tai että sidottu hiili menetetään. Tällöin myös jo luodut hiilikrediitit eivät tuotakaan sitä päästövähennystä, mikä ostajalle oli taattu. Sosiaaliset muutokset voivat taas osaltaan vaikuttaa projektin lainvoimaisuuteen, jolloin projekti on vaarassa päättyä ennenaikaisesti.

Taulukko 4. Riskikategoriat (Marland et al. 2017).

	Riskityyppi	Kuvaus	Hallintakeino
<b>Taloudellinen häiriö</b>	Konkurssiin johtava talousvaikeus	Yliharvennuksen tai maankäytön muutoksen seuraus	Oletusriskiarvo
<b>Metsänhoidollinen häiriö</b>	Laiton harvennus	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo, alueesta riippuen
	Maankäytön muutos	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo
	Yliharvennus	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo
<b>Sosiaalinen muutos</b>	Sosiaaliset riskit	Säännöksiä ja toimintamallien muutos	Oletusriskiarvo
<b>Luonnollinen häiriö</b>	Metsäpalo	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo
	Kasvitaudit tai tuhoeläimet	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo
	Muut tapahtumat	Hiilivarannon menetys	Oletusriskiarvo

Myös houkutus liialliseen harvennukseen tai päätehakkuuseen on luokiteltu riskiksi. Riskiarviot ovatkin alhaisemmat tahallisten tekojen varalta, jos projektialue on julkisomistuksessa, tai jos alueelle on solmittu suojelusopimus. Taulukko 5 esittää, kuinka monta prosenttia projektin tuottamista hiilikrediteistä vähennetään kunkin riskin vuoksi, sekä kuinka suuri vähennys on julkisessa omistuksessa tai suojelusopimuksen alaisuudessa. Osa riskiarvoista lasketaan aina tapauskohtaisesti, mutta taulukko ilmaisee yleisimmän riskivähennyksen.

Taulukko 5. Riskiarvio kategorian mukaan (California ARB 2015).

Riskikategoria	Lähde	Ilman suojelusopimusta ja/tai julkisomistusta %	Suojelusopimus sekä/tai julkisomistus %
Talousvaikeus	Oletus	5	1
Laiton hakkuu	Oletus	0	0
Maankäytön muutos	Oletus	2	0
Yliharvennus	Oletus	2	0
Sosiaalinen häiriö	Oletus	2	2
Metsäpalo	Laskettava	x	x
Kasvitauti tai tuhoeläin	Laskettava	3	3
Muu häiriö	Laskettava	3	3

Riskiarvio lasketaan seuraavaa kaavaa noudattaen (California ARB 2015):

$$100\% - \left( \frac{(1 - \text{Taloudellinen riski}\%) \times (1 - \text{Laiton harvennus}\%) \times (1 - \text{Maankäytön muutos}\%) \times (1 - \text{Yliharvennus}\%) \times (1 - \text{Sosiaalinen riski}\%) \times (1 - \text{Metsäpalo}\%) \times (1 - \text{Taudit ja tuholaiset}\%) \times (1 - \text{Muut riskit}\%)}{1} \right)$$

Laskumenetelmä olettaa, että kukin riski on toisistaan riippumaton. Lisäksi riskit ovat staattisia, eikä alueellisia tai projektikohtaisia eroavaisuuksia juuri oteta huomioon.

Hiilensidontaa arvioidessa projektin omistajan tulee huomioida myös mahdollinen projektista aiheutuva hiilivuoto. Hiilivuoto voi syntyä esimerkiksi projektialueen hakkuiden ja puunkuljetuksen päästöistä tai jos metsitysprojekti siirtää tarvittavan peltoalueen muualle. Hiilivuodosta aiheutuva prosentuaalinen päästövähennysyksiköiden vähennys vaihtelee projektityypistä riippuen. Esimerkiksi CAR sekä ARB -protokollat vähentävät 20 % kaikilta tehokkaamman metsänhoidon projekteilta, sekä 10-50 % uudelleenmetsitysprojekteilta, joiden maa-ala on aikaisemmin ollut kaupallisesti kannattavaa viljelyalaa. Myös maankäytön muutoksen vältävissä projekteissa vähennetään muutama prosentti sen mukaan, kuinka todennäköisesti jokin muu metsä tulee raivatuksi esimerkiksi viljelykäyttöön.

Jos projektin hiilivaranto pienenee vertailuarvoa alhaisemmaksi tahallisen teon kuten päätehakkuun seurauksena, projekti päättyy. Vaikka tahallisen teon riski on huomioitu kokonaisriskiarviossa, päästövähennysyksiköitä ei korvata puskurivarastosta. Projektin omistajan tulee korvata menetetyt päästövähennysyksiköt viimeisen 100 vuoden ajalta, sekä tehokkaamman metsänhoidon projektin tapauksessa maksaa lisäksi 5-40 % yksiköiden arvosta sakkona Kalifornian päästökaupan päästöoikeuksien muodossa, jos vahinko tapahtuu projektin ensimmäisten 50 vuoden aikana. Lisäksi projektialueella ei saa enää aloittaa uutta projektia. Jos projekti kuitenkin päättyy tahattoman vahingon vuoksi, on sen uudelleenkäynnistäminen mahdollista.

### Laatikko 1: Tiivistelmä projektin vaiheista ja etenemisestä

1. Projektin ja sen kelpoisuuden määrittely
2. Projektin keston sekä jaksotuksen määrittely
3. Projektialueen sekä hiilensidontan lähteiden rajaaminen, mukaan lukien primääriset sekä sekundääriset vaikutukset
4. Laskentamenetelmät
  - a. Projektialueen hiilivarannon arviointi sekä vertailuarvon BAU-skenaarion määrittely
  - b. Tuotettujen puutuotteiden sitoman hiilen vertailuarvon laskenta
  - c. Todellisen hiilivarannon arviointi laskettujen muutosten avulla
  - d. Todellisen puutuotteiden sitoman hiilen määrän laskenta
  - e. Primääristen vaikutusten laskenta
  - f. Sekundääristen vaikutusten laskenta
  - g. Kokonaisvaikutuksen määrittely
  - h. Epävarmuustekijöiden arviointi: luottamusvähennys, puskurivarannon vähennys
5. Monitoroinnin ja raportoinnin kriteerien täytäntöönpano
6. Verifioinnin kriteerien täytäntöönpano

## 8. ARVIOTA

Vaikka ARB on uudistanut ohjelmaa useasti, on siihen osallistuminen ollut vähäistä muun muassa korkeiden transaktiokustannusten vuoksi. Kustannukset ovat samat projektin koosta riippumatta, ja etenkin pienien perheitöiden näkökulmasta osallistuminen ei ole aina riittävän kannattavaa. Kustannukset projektin alkaessa voivat nousta jopa 100 000 dollariin ja jatkuvat koko projektin ajan, vaikka suurin osa ohjelman tuomista tuloista sijoittuu projektin ensimmäisille vuosille. Metsänomistajan tuleekin varautua kustannuksiin myös niinä vuosina, kun tuloja ei tule. Mikäli tuloja syntyisi myös esimerkiksi hiilivarannon säilyttämisestä, kannustin projektin ylläpitoon säilyisi myös pitkällä aikavälillä.

Ohjelman vaatima minimiaika hiilivarannon säilyttämiselle ylittää useamman sukupolven, mikä osaltaan vähentää yksityishenkilöiden intressiä osallistua. Tämä on harvemmin ongelma yrityksille, joiden metsänhoitosuunnitelmat saattavat ulottua pitkällekin aikavälille. 100 vuoden minimiaika monitorointikustannuksineen hankaloittaa kuitenkin metsän myymistä ja sen likvidiä investointina.

Metsänomistaja tekee erilaisten metsänhoidollisten päätösten lisäksi valintoja kasvattamansa puulajin, määrän sekä sen kiertoajan suhteen markkinatilanteen mukaan. Jotta BAU-skenaario olisi mahdollisimman todenmukainen, tulisi se arvioida uudelleen tasaisin väliajoin siltä varalta, että muutokset vaikuttavat projektin lisäisyyteen ja todellisiin päästövähennyksiin. Ei ole relevanttia olettaa, että markkinat ja hinnat eivät muutu 25 vuoden aikana. BAU-skenaarion määrittäminen voi olla usein hankalaa, sillä vaikuttavat tekijät saattavat muuttua yllättäen ja arvaamattomasti.

Jos yhden päästövähennysyksikön hinta on matala ja ohjelmaan osallistumisen prosessi sekä kallis että raskas, ei kannustin ole riittävä osallistumiseen. Päätökseen vaikuttavat muun muassa hiilen markkinahinta, riskit, lainsäädännön epävarmuus, maa-alan ominaisuudet sekä maanomistajan omat arvot. Metsänomistaja tarvitsee myös takeen ohjelman jatkuvuudesta ja tulevaisuuden hiilimarkkinoista, jotta investointi on kannattava.

Vuonna 2015 yksittäisen ohjelmaan osallistuneen projektin tuli olla vähintään 600 hehtaarin kokoinen ollakseen taloudellisesti kannattava, päästövähennysyksikön hinnan ollessa 15-20 dollaria. Vuonna 2017 45 projektia ohjelman kaikista 55:stä oli yli 1200 hehtaarin kokoisia. (Kercher & Keeton, 2015) Suomessa noin 60 prosenttia tuottavasta metsäalueesta on yksityisomistuksessa, ja vain 5 % kaikista tiloista on yli 100 hehtaarin kokoisia (MTK, 2017).

Suurin osa ohjelmaan osallistuneista projekteista lisäsi jo olemassa olevan metsän hiilensidontaa metsänhoidollisin keinoin pidentämällä metsän kiertoaikaa tai tihentämällä metsän rakennetta. Hiilensidontaa voidaan yhdistää myös

muihin metsänhoidollisiin tavoitteisiin, kuten luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen, valuma-alueen ja vesistöjen ylläpitoon, metsän virkistyskäyttöön sekä puuntuotantoon.

Ohjelma voisi olla vaikuttavampi, jos yksittäisen projektin lisäisyyteen keskittymisen sijasta pyritäisiin siihen, että ohjelma kokonaisuudessaan on lisäinen. Jos osallistumisprosessi on kevyt ja kustannukset pienille tiloille matalammat, voisi useampi maanomistaja osallistua ja näin ohjelma kattaisi laajemman kirjon projekteja. Samalla riskit jakaantuvat useammalle taholle. On myös mahdollista pohtia, tulisiko osa riskistä kohdentaa päästöyksikön ostajalle.

## LÄHTEET

- California ARB. Compliance Offset Protocol U.S. Forest Offset Projects, California Environmental Protection Agency, Air Resources Board. 2015. <http://www.arb.ca.gov/cc/capandtrade/protocols/usforest/forestprotocol2015.pdf>.
- EASAC European Academies' Science Advisory Council. 2018. Negative emission technologies What role in meeting Paris Agreement targets? Policy Report 35.
- Hamrick, K.; Gallant, M. 2017a Fertile Ground - State of Forest Carbon Finance 2017. Forest Trends' Ecosystem Marketplace
- Hamrick, K.; Gallant, M. 2017b. Unlocking Potential - State of the Voluntary Carbon Markets 2017. Forest Trends' Ecosystem Marketplace
- Hamrick, K.; Gallant, M.; Donofrio, S.; Thiel, A.; Yoshimoto, E. 2018. Voluntary Carbon Markets Insights: 2018 Outlook and First Quarter Trends. Forest Trends' Ecosystem Marketplace
- I4CE Institute for Climate Economics. 2016. Project VOLuntary CARbon Land Certification (VOCAL). [https://www.i4ce.org/go\\_project/project-voluntary-carbon-land-certification-vocal/](https://www.i4ce.org/go_project/project-voluntary-carbon-land-certification-vocal/) Haettu 22.6.2018.
- ICAO International Civil Aviation Organization. 2018. 1<sup>st</sup> Edition to the International Standards and Recommended Practices – Environmental Protection. Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation. Volume IV Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA)
- Kerchner C.D.; Keeton W.S. 2015 California's regulatory forest carbon market: viability for Northeast landowners. Forest Policy Econ. 2015;50:70–81.
- Marland, E., Domke, G.; Hoyle, J.; Marland, G.; Bates, L.; Helms, A.; Jones, B.; Kowalczyk, T.; Ruseva, T.B.; Szymanski, C. 2017. Understanding and Analysis: The California Air Resources Board Forest Offset Protocol, SpringerBriefs in Environmental Science, DOI 10.1007/978-3-319-52434-4\_8
- Ministry for Primary Industries. 2015. An Overview of Forestry in the ETS. New Zealand Government
- MTK 2017 [https://www.mtk.fi/metsa/metsanomistajalle/fi\\_FI/Metsanomistajat\\_suomessa/](https://www.mtk.fi/metsa/metsanomistajalle/fi_FI/Metsanomistajat_suomessa/)
- Nabuurs, G.-J.; Delacote, D.; Ellison, P.; Hanewinkel, M.; Lindner, M.; Nesbit, M.; Ollikainen, M.; Savaresi, A. 2015. A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets. From Science to Policy 2, European Forest Institute (2015)
- The Forestry Commission. Woodland Carbon Code: Requirements for voluntary carbon sequestration projects. Version 2.0 Crown Copyright 2018