

# Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI)

Synteesiraportti – Johtopäätökset ja suositukset

Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Liisa Maanavilja, Olli-Pekka Ruuskanen,  
Lassi Similä, Sampo Soimakallio

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA  
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2021:62

[tietokayttoon.fi](https://tietokayttoon.fi)

# Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI)

## Synteesiraportti – Johtopäätökset ja suositukset

Tiina Koljonen (VTT), Juha Honkatukia (THL),  
Liisa Maanavilja (Luke), Olli-Pekka Ruuskanen (PTT),  
Lassi Similä (VTT), Sampo Soimakallio (Syke)

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)

Valtioneuvoston kanslia

© 2021 tekijät ja valtioneuvoston kanslia

ISBN pdf: 978-952-383-257-2

ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI)

### Synteesiraportti – johtopäätökset ja suositukset

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:62

<b>Julkaisija</b>	Valtioneuvoston kanslia		
<b>Tekijä/t</b>	Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Liisa Maanavilja, Olli-Pekka Ruuskanen, Lassi Similä, Sampo Soimakallio		
<b>Kieli</b>	suomi	<b>Sivumäärä</b>	83
<b>Tiivistelmä</b>	<p>Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI) -hankkeen tavoitteena oli tuottaa arviot, kuinka Suomi voisi saavuttaa kestävästi kansalliset ja Euroopan unionin asettamat ilmasto- ja energiavoitteet vuosina 2030, 2035, 2040 ja 2050. Hankkeen synteesiraportissa on esitetty yhteenveto keskeisistä tuloksista sekä johtopäätökset, avainviestit ja suositukset. Raportti perustuu oletuksiin, jotka olivat käytettävissä elokuussa 2021.</p> <p>Tulokset pohjautuvat pääosin laaja-alaisiin laskennallisiin ja laadullisiin skenaariotarkasteluihin ja vaikutusarvioihin käsittäen seuraavat osa-alueet: <b>energiajärjestelmä ja kasvihuonekaasupäästöt, maatalous- ja LULUCF -sektorit, kansantalous ja toimialakohtaiset kehitykset, ilmasto- ja energiapolitiikkatoimien ympäristövaikutukset ja puun tarjonta yksityisen metsänomistajan näkökulmasta.</b></p> <p>Synteesiraportti sisältää ns. SWOT-analyysin hiilineutraalin Suomen vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista ja uhkista osa-alueiden näkökulmista.</p> <p>HIISI-synteesin selkeä lopputulema oli, että tarvitsemme vaikuttavaa, johdonmukaista ja laaja-alaista ilmasto- ja energiapolitiikka tukemaan kestävä ja oikeudenmukaista siirtymää hiilineutraaliin yhteiskuntaan. Positiivinen viesti eri toimijoiden ja analyysin näkökulmasta oli, että hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen nähtiin mahdollisena. Toimialojen vähähiilitiekartat osoittavat myös vahvaa sitoutumista tavoitteen saavuttamiseen.</p>		
<b>Klausuuli</b>	Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa.(tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.		
<b>Asiasanat</b>	tutkimus, tutkimustoiminta, ilmastopolitiikka, ilmastostrategia, energiapolitiikka, energiastrategia		
<b>ISBN PDF</b>	978-952-383-257-2	<b>ISSN PDF</b>	2342-6799
<b>Julkaisun osoite</b>	<a href="https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2">https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2</a>		

## Kolneutralt Finland 2035 – klimat- och energipolitiska åtgärder och verkningar (HIISI) Syntesrapport – slutsatserna och rekommendationerna

---

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2021:62

**Utgivare** Statsrådets kansli

---

**Författare** Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Liisa Maanavilja, Olli-Pekka Ruuskanen, Lassi Similä, Sampo Soimakallio

**Språk** finska

**Sidantal** 83

---

**Referat** Projektet "Kolneutralt Finland 2035 - klimat- och energipolitiska åtgärder och verkningar" (HIISI) hade som mål att se hur Finland under åren 2030, 2035, 2040 och 2050 hållbart kunde nå de nationella och av Europeiska Unionen satta klimat- och energimålsättningarna, och vad det skulle innebära. HIISI-projektets syntesrapport är ett sammandrag av de mest centrala resultaten samt slutsatserna, nyckelbudskapen och rekommendationerna och är baserad på de antaganden som gällde i augusti 2021.

Resultaten grundar sig i främsta hand på kalkylmässiga och kvalitativa scenarioanalyser och konsekvensbedömningar som innefattar följande delområden: **energisystemet och växthusgasutsläppen, jordbruket och LULUCF-sektorn, nationalekonomin och den branschvisa utvecklingen, klimat- och energipolitiska åtgärders miljöpåverkan och virkesutbudet sett ur privata skogsägares perspektiv.**

Rapporten innehåller en SWOT-analys av kolneutrala Finlands styrkor, svagheter, möjligheter och hot sett från dessa delområdens perspektiv.

Den tydliga slutsatsen vi kan dra av HIISI-syntesen är att vi behöver en effektiv, konsekvent och bred klimat- och energipolitik för att stödja en hållbar och rättvis övergång till ett kolneutralt samhälle. Det positiva var att man från olika aktörers och analysers synvinkel såg det som möjligt att uppnå kolneutralitetsmålet. De olika branschernas sektorspecifika färdplaner för ett koldioxidsnålt samhälle uppvisar också ett starkt åtagande för att nå målet.

**Klausul** Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan.(tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt.

**Nyckelord** forskning, forskningsverksamhet, klimatpolitik, klimatstrategi, energipolitik, energistrategi

---

**ISBN PDF** 978-952-383-257-2

**ISSN PDF** 2342-6799

---

**URN-adress** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2>

---

## Carbon neutral Finland 2035 – measures and impacts of the climate and energy policies

### Synthesis report – conclusions and recommendations

---

#### Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2021:62

**Publisher** Prime Minister's Office

---

**Author(s)** Tiina Koljonen, Juha Honkatukia, Liisa Maanavilja, Olli-Pekka Ruuskanen, Lassi Similä, Sampo Soimakallio

**Language** Finnish **Pages** 83

---

**Abstract** The project "Carbon neutral Finland 2035 – measures and impacts of the climate and energy policies" (HISI) aimed to assess how Finland could sustainably achieve the climate and energy targets 2030, 2035, 2040 and 2050 set nationally and by the European Union. The synthesis report of the project presents a summary of central results of the project and its conclusions, key messages and recommendations. The report is based on assumptions available in August 2021.

The results are mainly based on extensive quantitative and qualitative scenario analyses and impact assessments covering the following areas: **energy system and greenhouse gas emissions, agriculture and LULUCF sectors, national economy and sectoral developments, environmental impacts of the climate and energy policy measures and supply of wood from the viewpoint of private forest owner.**

The synthesis report includes a SWOT analysis of the strengths, weaknesses, opportunities and threats from the viewpoints of the above-mentioned areas.

Clear outcome of the synthesis of the project is that we need effective, coherent and extensive climate and energy policy to support the transition to carbon-neutral society. As a positive message from the viewpoints of different actors, achieving the target on carbon neutrality was considered possible. Also, the sectoral low-carbon roadmaps point out strong commitment to achieving the target.

**Provision** This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

**Keywords** research, research activities, climate policy, climate strategy, energy policy, energy strategy

---

**ISBN PDF** 978-952-383-257-2

**ISSN PDF** 2342-6799

---

**URN address** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-257-2>

---

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>9</b>
1.1	Hankkeen tavoitteet .....	10
1.2	Tutkimusmenetelmät ja -prosessi.....	10
1.2.1	Viestintä ja vuorovaikutus.....	11
1.3	WEM- ja WAM -skenaarioiden yleiset kuvaukset.....	14
<b>2</b>	<b>Avainviestit hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisesta</b> .....	<b>18</b>
2.1	Yhteenveto SWOT-analyysistä .....	18
2.2	Sektori- ja osatehtäväkohtainen SWOT-analyysi .....	20
<b>3</b>	<b>Keskeiset tulokset ja johtopäätökset</b> .....	<b>27</b>
3.1	Suomen energiataseiden sekä kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien sekä kehityskulut.....	27
3.1.1	Energiajärjestelmän ja päästökauppasektorin kehitykset.....	27
3.1.1.1	Energian kysyntä ja tarjonta.....	27
3.1.1.2	Teollisuuden kehitysarviot.....	29
3.1.2	Taakanjakosektorin kehitys .....	30
3.1.2.1	Liikenne.....	30
3.1.2.2	Rakennukset ja rakentaminen.....	32
3.1.2.3	Maatalous .....	33
3.1.2.4	Muut taakanjakosektorit .....	35
3.1.3	LULUCF-sektori.....	36
3.1.4	Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja hiilineutraalisuustavoite.....	38
3.1.4.1	Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys.....	38
3.1.4.2	Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen kehitys.....	42
3.1.4.3	Päästövähennysten rajakustannusten kehitys .....	44
3.1.4.4	Kasvihuonekaasupäästöjen ja poistumien yhteenlaskettu kehitys.....	45
3.2	Uudet politiikkatoimet ja toimikohtaiset arvioinnit .....	46
3.2.1	Kansantaloudelliset vaikutusarvioinnit.....	46
3.2.2	LULUCF-sektoriin kohdistuvien politiikkojen ristikkäisvaikutuksista – case metsäsektori .....	51

3.3	Yhteenveto ja synteesi toimialojen tiekarttojen vaikutuksista ja toteutusta tukevien toimien tarpeesta .....	55
3.4	Politiikkatoimikokonaisuuksien vaikutusarviot ilmasto- ja energiastrategiaan ja KAISU:un.....	57
<b>4</b>	<b>Kestävä ja oikeudenmukainen siirtymä hiilineutraaliin yhteiskuntaan – synteesi ja suositukset .....</b>	<b>62</b>
4.1	Politiikka- ja ohjaustoimien vaikuttavuus .....	63
4.1.1	Ohjaustoimien vaikuttavuus ilmasto- ja energiastrategian näkökulmasta .....	64
4.1.1.1	Energiaturvallisuus.....	64
4.1.1.2	Hiilivuotovaikutukset ja EU:n hiilirajamekanismi .....	66
4.1.2	Ohjaustoimien vaikuttavuus KAISU:n näkökulmasta.....	67
4.2	Sosiaalinen oikeudenmukaisuus .....	68
4.3	TKI- ja koulutustarpeet .....	71
4.4	Ympäristövaikutukset .....	72
	<b>Liitteet .....</b>	<b>74</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>80</b>



## LUKIJALLE

Tähän raporttiin on koottu HIISI-hankkeen eri osakokonaisuuksien yhteenvedot ja tarkemmat kuvaukset tutkimusmenetelmistä, aineistoista sekä laskennallisista ja laadullisista analyyseistä on esitetty viidessä osaraportissa. Kaikkiaan hanketta oli toteuttamassa yli neljäkymmentä tutkijaa viidestä tutkimusorganisaatiosta.

Hankkeen suunnitelma laadittiin ennen COVID-19 pandemian alkua ja työsuunnitelmaa erityisesti asiantuntija- ja kansalaisille suunnattujen tilaisuuksien osalta jouduttiin muuttamaan hankkeen aikana. Hankkeen loppuvaiheessa saatiin lisäksi uutta tietoa paitsi kansallisista myös Euroopan komission ilmasto- ja energiapoliittisista linjauksista ja ehdotuksista. Näitä on pyritty huomioimaan joissain määrin, mutta raporteissa esitetyt laskelmat eivät täysin vastaa esimerkiksi hallituksen syyskuun 2021 budjettiriihen päätöksiä.

HIISI-hankkeen tutkijat haluavat kiittää kaikkia haastatteluihin ja tilaisuuksiin osallistuneita henkilöitä ja tahoja. Lisäksi hankeryhmä esittää ohjausryhmälle lämpimät kiitokset työn ohjauksesta ja palautteesta koko hankkeen aikana.

Tiina Koljonen  
Marraskuu 2021

# 1 Johdanto

*Tiina Koljonen & Lassi Similä, VTT*

**Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset (HIISI) -hanke palvelee tutkimus- ja selvitystarpeita ajallisesti rinnan laadittavien kansallisen ilmasto- ja energiastrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) valmistelussa.**

Hanke tuottaa myös tarvittavia tietoja ja analyysejä, joita hyödynnetään EU:n hallintomalliasetuksen mukaisessa raportoinnissa (ns. edistymisraportit) ja EU:lle toimitettavan kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman (National Energy and Climate Plan I. NECP) päivityksessä. Hankkeen koordinaattorina toimii Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ja tutkimuspartnereita ovat Suomen ympäristökeskus (Syke), Luonnonvarakeskus (Luke), Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL) ja Pellervon taloustutkimus (PTT). HIISI-hanke käynnistyi huhtikuussa 2020 ja se päättyi marraskuussa 2021.

Tässä raportissa on esitetty yhteenveto koko hankkeen keskeisistä tuloksista sekä laskennallisten ja laadullisten analyysien pohjalta laaditut johtopäätökset, avainviestit ja suositukset. Analyysien lähestymistapoja, tietoaineistoa ja tuloksia on esitetty laajemmin HIISI-hankkeen osaraporteissa liittyen energiapoliittisten ja kasvihuonekaasupäästöjen kehityksiin (Lehtilä ym. 2021), maatalouden ja LULUCF (I. maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous) -sektorin kehityksiin (Maanvilja ym. 2021), puun tarjontaan yksityisen metsänomistajan näkökulmasta (Horne ym. 2021), kansantalouden ja toimialakohtaisiin kehityksiin (Honkatukia 2021), sekä ilmasto- ja energiapolitiikkatoimien ympäristövaikutuksiin (Soimakallio ym. 2021). Tämän raportin tavoitteena on esittää tiivis yhteenveto vaikutusarvioista ja johtopäätöksistä liittyen Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseen sekä uusien politiikkatoimien taloudellisiin, sosiaalisiin ja ympäristöön kohdistuviin vaikutuksiin. Yhteenvedon tarkoitus on palvella mahdollisimman hyvin päätöksentekijöitä, sidosryhmiä ja laajempaa yleisöä.

HIISI-hankkeen loppuraporteissa esitetyt arviot Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisesta toimitettiin ministeriöille sekä ilmasto- ja energiapoliittiselle ministerityöryhmälle 31.8.2021 taustamateriaaliksi hallituksen budjettiriiheen syyskuussa 2021. Näin ollen esitetyissä skenaariolaskelmissa ja analyyseissä ei ole huomioitu hallituksen uusia päätöksiä ilmasto- ja energiapoliittisista ohjaustoimista. Tässä raportissa esitetyt johtopäätökset perustuvat siten niihin oletuksiin, jotka ovat olleet HIISI-hankkeessa laaditun analyysin pohjalla elokuuhun 2021 mennessä.

## 1.1 Hankkeen tavoitteet

**Hankkeen laskennallisilla ja laadullisilla analyyseillä luodaan laaja-alainen yleiskuva vuodelle 2035 asetetun Suomen hiilineutraalisuustavoitteen yhteiskunnallisista haasteista ja mahdollisuuksista, joita myös uudet politiikkatoimet mahdollisesti aiheuttavat eri toimialoille, alueille ja kansalaisille.**

Hankkeessa arvioidaan laskennallisesti ja laadullisesti paitsi suoria ja myös epäsuoria vaikutuksia kustannuksiin ja talouteen, kasvihuonekaasupäästöihin ja -poistumiin, luonnonvarojen käyttöön ja ympäristöön, terveyteen ja yleisesti kansalaisten hyvinvointiin. Tärkeä osa HIISI-hanketta on myös viestintä ja kommunikointi sidosryhmien ja kansalaisten kesken, mikä lisää osaltaan ymmärrystä ja hälventää ennakoasenteita hiilineutraalisuustavoitteen vaikutuksista.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät ja -prosessi

**Hankkeessa laaditut laskelmat ja vaikutusanalyysit pohjautuvat pääosin skenaariotarkasteluun, jossa nykykehitystä on verrattu politiikkaskenaarioon, joka toteuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoitteen vuoteen 2035 mennessä. Nykykehitystä kuvaava skenaario on nimeltään WEM (With Existing Measures) ja politiikkaskenaario vastaavasti WAM (With Additional Measures).**

HIISI-hankkeen analyysit ovat pohjautuneet sekä laskennallisiin että laadullisiin tarkasteluihin hyödyntäen sekä laajoja systeemitason malleja (energiatalous ja kasvihuonekaasupäästöt, kansantalous, LULUCF-sektori) että tarkempia sektorimalleja (liikenne, työkoneet, rakennussektori, maatalous, jätesektori, F-kaasut, jne.). Eri mallitarkastelujen tuloksia on hyödynnetty toisten mallitarkastelujen lähtötietoina pyrkien siten mahdollisimman systemaattiseen ja integroituun lähestymistapaan. Lähestymistavan vahvuutena on siten laaja-alainen tarkastelu, jossa pystytään huomioimaan sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia päästöihin, energiankäyttöön, LULUCF-sektoriin (l. maankäyttöön, maankäytön muutoksiin ja metsätalouteen), kustannuksiin ja talouteen.

Laskennallisia tarkasteluja on täydennetty laadullisin tarkasteluin, kuten haastattelemalla eri toimialoja. Lisäksi ympäristövaikutusten arviointi perustuu muiden kuin kasvi-

huonekaasupäästöjen osalta pääosin laadulliseen analyysiin. HIISI-hankkeen alustavia tuloksia on lisäksi esitelty ilmasto- ja energiapolitiiselle ministerityöryhmälle, ilmastopolitiikan pyöreälle pöydälle sekä sidosryhmille kaikille avoimissa työpajoissa.

Hanketta on ohjannut työ- ja elinkeinoministeriön (TEM), ympäristöministeriön (YM), maa- ja metsätalousministeriön (MMM), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM), valtionvarainministeriön (VM), valtioneuvoston kanslian (VNK) ja huoltovarmuuskeskuksen (HVK) edustajat, ja vastuuministerinä on toiminut TEM. Ohjausryhmällä on ollut tärkeä rooli erityisesti WEM- ja WAM -skenaarioiden määrittelyissä, jotka on laadittu yhteistyössä tutkijoiden kanssa.

## 1.2.1 Viestintä ja vuorovaikutus

HIISI-hankkeen aikana hankesuunnitelman laatimisen jälkeen, kevästä 2020 alkaen yhteiskunnan toimintaan laajasti vaikuttaneet COVID-19-rajoitukset kohdistuivat varsin merkittävästi mahdollisuuksiin järjestää hankkeeseen liittyviä tapahtumia. Täten projektisuunnitelmassa mainitut tilaisuudet, joissa tavoiteltiin eri sidosryhmien ja kansalaisten näkemysten kuulemista, toteutettiin internetin kautta virtuaalisina tilaisuuksina. Hankkeen tutkijapartnereiden yhteistyönä järjestettiin kaksi sidosryhmätilaisuutta, joista ensimmäinen keskittyi WEM-skenaarioon ja toinen WAM-skenaarioon. Tilaisuuksissa esiteltiin ja keskusteltiin näiden alustavista lähtöoletuksista ja tuloksista energia- ja kansantalouden näkökulmista sekä eri päästösektoreilla. Tilaisuudet oli suunnattu sidosryhmille, ja kaikkien halukkaiden oli mahdollista osallistua tilaisuuksiin hankkeen www-sivuilla saatavilla olleen osallistumislinkin kautta. Tilaisuuden osallistui henkilöitä mm. teollisuuden etujärjestöistä, työmarkkinajärjestöistä, ympäristöjärjestöistä, yrityksistä, alueilta, hallinnosta, päätöksenteosta ja tutkimuksesta. Tilaisuuksissa keskusteltiin teemoista Zoom-alustan chat-toiminnon kautta ja suullisesti.

16.2.2021 Zoom-alustalla järjestettyyn WEM- tilaisuuteen rekisteröityi n. 160 henkilöä lähes 70 eri organisaatiosta, ja läsnä oli enimmillään lähes 140 henkilöä. Keskustelu ja annetut kommentit käsittelivät mm. seuraavia teemoja:

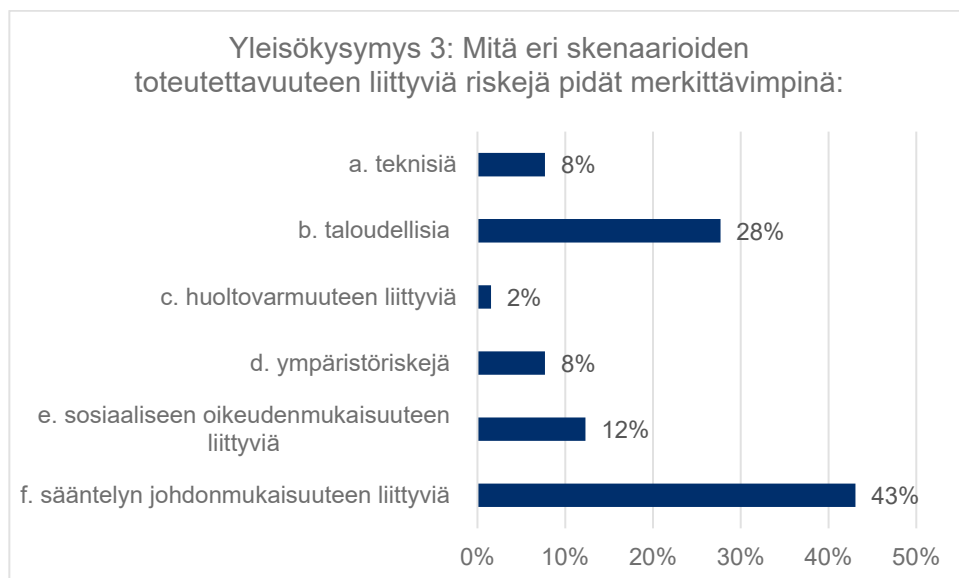
- EU:n FitFor55 -paketin ja mahdollisten rakenteellisten muutosten huomiointi;
- Tulevat tilaisuudet ja kuulemismahdollisuudet;
- Työllisyysvaikutukset ja osaamisarviot, kun siirrytään hiilineutraaliin yhteiskuntaan;
- Herkkyystarkastelut päästöoikeuksien hinnoille ja niiden tarpeellisuus;
- WEM/WAM-oletusten lisääminen HIISI:n hankesivuille;
- Tuulivoiman määrät ja oletetut potentiaalit;
- Turpeen käytön kehitys ja sen määrä v. 2050;
- Sähkön kysyntäjouston sisältyminen skenaarioihin;

- Kemianteollisuuden biomassatarpeen huomiointi;
- Selluinvestointien vaikutus metsäteollisuuden volyymeihin;
- Sosiaalinen oikeudenmukaisuus: lista ajateltavissa olevista tulonsiirroista;

11.6.2021 Zoom-alustalla järjestettyyn WAM- tilaisuuteen rekisteröityi yli 160 henkilöä yli 60 eri organisaatiosta, ja läsnä oli enimmillään yli 120 henkilöä. Keskustelu ja annetut kommentit käsittelivät mm. seuraavia teemoja:

- Vesivoiman merkitys tuulivoiman yhteydessä esim. järjestelmäintegraatiossa;
- Metsänhoidon rästien purkamisen tarpeellisuus;
- Kustannustehokkuus, päästökaupan ja taakanjakosektorin joustojen ja EU:n FitFor55 -paketin keskeinen asema siinä; kädenjäljen ja hyväksyttävyyden merkitys kustannustehokkuuden ohella;
- WAM-skenaarioiden tekotapa, tavoitteiden asetanta malliin vs. optimointi;
- Oletukset liittyen polttomoottoriautojen energiatehokkuuden kehityksiin;
- Biokaasun tuotantomäärät WAM-skenaariossa ja mahdolliset käyttökohteet;
- Heinäkuun 2021 (ja muiden uusien) EU:n säädösehdotusten keskeinen merkitys ja niiden vaikutus tarkasteluihin;
- EU:n mahdollinen suojeluvaatimus Suomen metsille ja sen vaikutus kansantalouteen;
- EU-tason politiikkatoimien, yhteis- ja ristikkäisvaikutuksien arvioinnin tärkeys;
- Toimenpiteiden poliittisen keskustelun ja linjaamisen eteneminen;
- Riskiarvioiden tekotapa, laadullisten ja määrällisten tarkastelujen rooli ja riskien kustannusvaikutukset.

Tilaisuuksien keskustelusta voidaan todeta yhteenvetona, että tutkimusprosessiin, tutkimusmenetelmiin ja eri päästö- ja talouden sektoreihin liittyvän yksityiskohtaisen keskustelun ja ohella monet kommentit liittyivät EU:n FitFor55-paketin vaikutuksiin ja siihen, millä tavalla heinäkuussa 2021 julkaistun paketin vaikutukset voidaan huomioida HIISI-hankkeen tarkasteluissa. Vuorovaikutteisuuden lisäämiseksi kummassakin tilaisuudessa esitettiin myös kolme etukäteen valmisteltua monivalintakysymystä osallistujilta (kts. esimerkki WAM-tilaisuudesta 11.6.2021, Kuvio 1, tulosten mukaan annetuista vaihtoehtoista sääntelyn johdonmukaisuuteen liittyviä riskejä pidettiin merkittävimpinä skenaarioiden toteutettavuuteen liittyen). Huomionarvoista on, että kummassakin tilaisuudessa suurin osa vastanneista (80 % ja 78 %) valitsi vaihtoehdon, jonka mukaan Suomen hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä on saavutettavissa, mutta se vaatii määrätietoisia ponnistuksia.

**Kuvio 1.** Esimerkki: WAM-tilaisuudessa 11.6.2021 esitetyn yleisökysymyksen tulokset.

Tiedon leviämisen edistämiseksi hankkeen ajankohtaisia materiaaleja (mm. tilaisuuksien) ja uutisia koottiin hankkeen aikana sen [www-sivuille \(www.hiisi2035.fi\)](http://www.hiisi2035.fi). HIISI-hankkeen järjestämien tilaisuuksien lisäksi vuorovaikutteisuutta ja tiedonkulkua edistettiin osallistamalla muihin hiilineutraalisuusteemaa valmistelevien toimielinten ja työryhmien tilaisuuksiin, joista merkittävimpinä voidaan mainita:

- HIISI-hankkeen esittely ilmasto- ja energiastrategian aloitusseminaarissa 25.9.2020;
- HIISI-hankkeen kuuleminen ilmasto- ja energiapoliittisessa ministerityöryhmässä 3.2.2021, 29.3.2021, 16.6.2021 (lisäksi kokous ministereiden erityisavustajien kanssa 31.8.2021);
- KAISU-työryhmän kuuleminen 19.1.2021, 9.4.2021, 1.9.2021;
- Ilmastopoliitikan pyöreä pöytä 8.2.2021, 17.6.2021;
- Toimialojen vähähiilitiekarttatyöhön liittyvät haastattelut syksy 2020.

Hankkeen ohjausryhmä, johon kuului energia- ja ilmastopoliitikkaa valmistelevia henkilöitä laajasti eri ministeriöistä, kokoontui myös useasti hankkeen aikana, yhteensä 13 kertaa.

## 1.3 WEM- ja WAM -skenaarioiden yleiset kuvaukset

Tässä luvussa on esitetty yhteenveto nykykehitystä kuvaavasta WEM (With Existing Measures) -skenaariosta, jota verrataan politiikka- eli WAM (With Additional Measures) -skenaarioon, joka toteuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoitteen vuoteen 2035 mennessä. WEM- ja WAM-skenaarioiden lähtöoletukset on muodostettu yhteistyössä ohjausryhmän ja HIISI-hankkeen tutkijoiden kesken. WEM-skenaariota on noudatettu lisäksi EU:n hallintomalliasetuksen (EC 2020) ohjeistusta päästöoikeuden hinnan ja fossiilisten tuontipolttoaineiden hintakehitysten osalta. Lisäksi on hyödynnetty toimialojen vähähiilitiekartta-aineistoa<sup>1</sup> ja HIISI-hankkeessa laadittua tiekartta-analyysiä<sup>2</sup>.

WEM-skenaarioon sisällytetyt politiikka- ja ohjaustoimet noudattavat pitkälti edellisen energia- ja ilmastostrategian (TEM, 2017) ja KAISU:n (YM, 2017) WAM-skenaariota, joihin sisällytetyt toimet on jo toimeenpantu. Esimerkiksi kivihiilen käytöstä luopuminen energiantuotannossa vuonna 2029 ja tieliikenteen bio-osuuden sekoitevelvoitteet ovat huomioitu WEM-skenaariossa. Yksi keskeinen määrittely WEM- ja WAM -skenaarioiden välillä onkin aikaraja, joka erottaa nykyiset ja uudet toimet.

**HIISI-HANKKEEN WEM-SKENAARIOON ON SISÄLLYTETTY TOIMET JA PÄÄTÖKSET 31.12.2019 ASTI. NÄIN OLLEN KAIKKI HALLITUKSEN ILMASTO- JA ENERGIAPOLIITTISET PÄÄTÖKSET, JOTKA ON TEHTY 1.1.2020 ALKAEN, MUTTA ENNEN 1.8.2021, OVAT HUOMIOITU WAM-SKENAARIOSSA.**

Alla on esitetty ainoastaan yhteenveto WEM- ja WAM -skenaarioiden keskeisistä eroista painottuen KHK-päästövähennystavoitteisiin. WEM- ja WAM -skenaario-oleuksia on kuvattu tarkemmin eri HIISI:n osaraporteissa. Lisäksi liitteeseen 1 on koottu ilmasto- ja energiapoliittiset ohjauskeinot, jotka ovat olleet mukana mallitarkasteluissa. WEM- ja WAM -skenaarioiden välinen rajanveto on kuitenkin haastavaa ja voi olla perusteltua, että WEM-skenaarioiden määrittelyä jatkossa vielä tarkistetaan. Esimerkkinä mainittakoon liikenteen valmisteveroihin 1.8.2020 tehty veronkorotus, joka on sisällytetty HIISI:n WAM-skenaarioon, vaikka päätökset olivat olemassa ennen 1.1.2020. Toisaalta WEM-skenaarioon on sisällytetty investointeja esimerkiksi biojalostamoihin, joiden toteutumisesta ei ole varmaa tietoa.

<sup>1</sup> Työ- ja elinkeinoministeriö, Vähähiiliset tiekartat 2035, aineistot saatavilla <https://tem.fi/tiekartat>

<sup>2</sup> HIISI-hankkeen tiekartta-analyysin laativat VTT ja Luke. Tiekarttasynteesistä on saatavilla videotallenne [https://www.youtube.com/watch?v=THBxiZP\\_Teo](https://www.youtube.com/watch?v=THBxiZP_Teo)

**Taulukko 1.** Yhteenveto WEM- ja WAM -skenaarioiden oletuksista.

	WEM	WAM
KHK-päästötavoitteet (vrt. 1990 taso) vuosina 2030, 2035, 2040, 2050	Ei määritetty <sup>1)</sup>	60%, n. 70%, 80%, 90% <sup>2)</sup>
Taakanjakosektorin KHK-päästötavoite (vrt. 2005 taso) 2030, 2030 jälkeen	Ei oletettu Suomelle <sup>3)</sup>	50% 2030, jonka jälkeen hieman kiristyy <sup>4)</sup>
LULUCF-sektorin nettopäästöt	Laskelmien tulos	Vahvistetaan nettonieluja 3 Mt CO <sub>2</sub> -ekv. vuoteen 2035 mennessä verrattuna WEM-tasoon 2035
Päästöoikeuden hinta 2021–2050	30–75 €/t CO <sub>2</sub> <sup>5)</sup>	50–100 €/t CO <sub>2</sub>
Jako päästökauppa- ja taakanjakosektoreihin	Nykyinen jako	Nykyinen jako
Sähkön ja polttoaineiden valmisteverot ja niiden palautukset	Reaaliset verotavat ja palautukset 31.12.2019	Reaaliset verotavat liikenteen polttoaineille <sup>6)</sup> Korotetut lämmityspolttoaineiden verotavat, kaikista veronpalautuksista luovutaan ennen 2030 <sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> WEM-skenaariossa KHK-päästöille ei asetettu tavoitetta pl. taakanjakosektorin tavoite vuonna 2030, vaan mallitarkasteluiden perusteella arvioitiin KHK-päästöjen ja -poistumien kehitystä nykytoimilla.

<sup>2)</sup> WAM-skenaariossa vuosien 2030, 2040 ja 2050 tavoitteet määrittävät KHK-päästöjen maksimimäärät ja perustuvat Suomen ilmastolakiehdotukseen. Vuoden 2035 tavoite vastaa hiilineutraalisuustavoitetta, jossa KHK-päästöt on määritetty WEM-skenaariossa LULUCF-mallinnuksen mukaan ja lisäksi LULUCF-sektorin nettonieluja vahvistetaan 3 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., jolloin vuoden 2035 KHK-päästötavoitteeksi saadaan 21 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

<sup>3)</sup> Taakanjakosektorin nykyinen tavoite on -39 % vuoden 2005 KHK-päästöihin verrattuna. Tätä ei kuitenkaan asetettu mallinnuksen lähtökohdaksi, koska mallinnuksen avulla haluttiin tarkastella, saavuttaako Suomi tämän tavoitteen nykytoimilla.

<sup>4)</sup> EU ei ole määrittänyt jäsenmailleen taakanjakosektorin tavoitetta vuoden 2030 jälkeen. Taakanjakosektorin KHK-päästötavoite on kuitenkin mallinnuksessa oletettu hieman kiristyvän 2030 jälkeen kokonaispäästötavoitteen kiristyessä.

<sup>5)</sup> Perustuu EU:n hallintomalliasetuksen WEM-määrittelyihin. WEM-tarkasteluille laadittiin myös herkkystarkastelu WEM-S, jossa päästöoikeuden hintakehitys oletettiin samaksi kuin WAM-skenaariossa.

<sup>6)</sup> Sisältää myös 1.8.2020 voimaantulleeseen valmisteverojen korotuksen, vaikka päätökset olivat olemassa ennen 31.12.2019.

<sup>7)</sup> Sähkön ja polttoaineiden veronpalautuksista (pl. maatalouden) luovutaan hallituksen päätöksen mukaisesti jo 2025, joka ei ole TIMES-skenaarioiden laskentavuosi, joka vuoksi veronpalautuksista luopuminen (ml. maatalous) toteutuu laskelmissa ennen vuotta 2030.



WAM-skenaariossa päästökauppasektorille ei juurikaan oletettu uusia kansallisia ohjaustoimia, vaan päästöjen vähentyminen oletettiin pitkälti toteutuvan markkinaehtoisesti muun muassa päästöoikeuden hinnan ohjaamana. Esimerkiksi investoinnit vetypelkistykseen teräksen valmistuksessa oletettiin toteutuvan vuoteen 2035 ja 2040 mennessä. Lisäksi mineraaliöljyn valmistuksessa oletettiin investoinnit hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin (CCS) sekä vedyntuotantoon uusiutuvilla energialähteillä 2035-2040, kun samalla fossiilisen öljyn jalostuksen volyymit kääntyvät maltilliseen laskuun. Huomattavaa myös on, että WAM-skenaariossa oletettiin, että teknisille keinoille saavuttaa negatiivisia päästövähennyksiä, eli niin sanottu BECCS, olisi myös EU-tason regulaatio ja markkinat.

Taakanjakosektorille on sen sijaan useita lisäisiä politiikkatoimia WAM-skenaariossa. Alla on esitetty yhteenveto toimista ja liitteessä 1 WEM- ja WAM -toimet on esitetty tarkemmin (suluissa kerrottu olivatko päätökset olemassa ennen 31.8.2021):

- Rakennusten erillislämmityksessä käytettävälle kevyelle polttoöljylle ja työkoneiden dieselöljylle bio-osuuden sekoitevelvoite nostetaan 30 %:in vuoteen 2030 mennessä (päätöksiä ei olemassa);
- Mineraaliöljyn käytöstä luopuminen asuinrakennusten erillislämmityksessä vuoteen 2030 mennessä;
- Nestemäisten biopolttoaineiden sekoitevelvoite liikenteessä vuoteen 2030 mennessä kuten WEM:ssä, mutta bio-osuutta kasvatetaan noin 2,0 TWh biokaasun avulla (päätöksiä ei olemassa);
- Liikenteessä LVM:n tiekartan mukainen sähköistymisskenaario;
- Maataloudessa turvemaiden viljely märkänä, kivennäismaiden hiilensidontan lisääminen sekä täsmäviljely ja lypsylehmien metaanintuoton vähentäminen (päätöksiä ei olemassa).

Energiaverojen osalta WAM-skenaariossa huomioitiin:

- Hallituksen päätökset sähkön käytön veroluokka II:n alentamisesta EU-minimiin ja laajentamisesta uusille toimijoille sekä 31.12.2019 jälkeen tulleet voimaan tulleet lämmitys- ja liikennepolttoaineiden valmisteveronkorotukset (päätökset olemassa<sup>3</sup>).
- Valmisteverojen palautuksista luopuminen 2025 mennessä (maatalouden valmisteverojen palautuksista luopumisesta ei ole päätöstä, muiden palautusten osalta päätökset olemassa).
- Reaalisten valmisteverojen korotus toisen indeksikorotuksen verran 2024 jälkeen muille, paitsi liikenteen polttoaineille (ns. tuplaindeksikorotus, päätöksiä ei olemassa).

<sup>3</sup> Liikenteen valmisteverojen osalta 1.8.2020 voimaan tulleet veronkorotukset on päätetty jo ennen 31.12.2019, joten tämä ohjauskeino voisi sisältyä myös WEM:in sen määrittelyn mukaisesti.

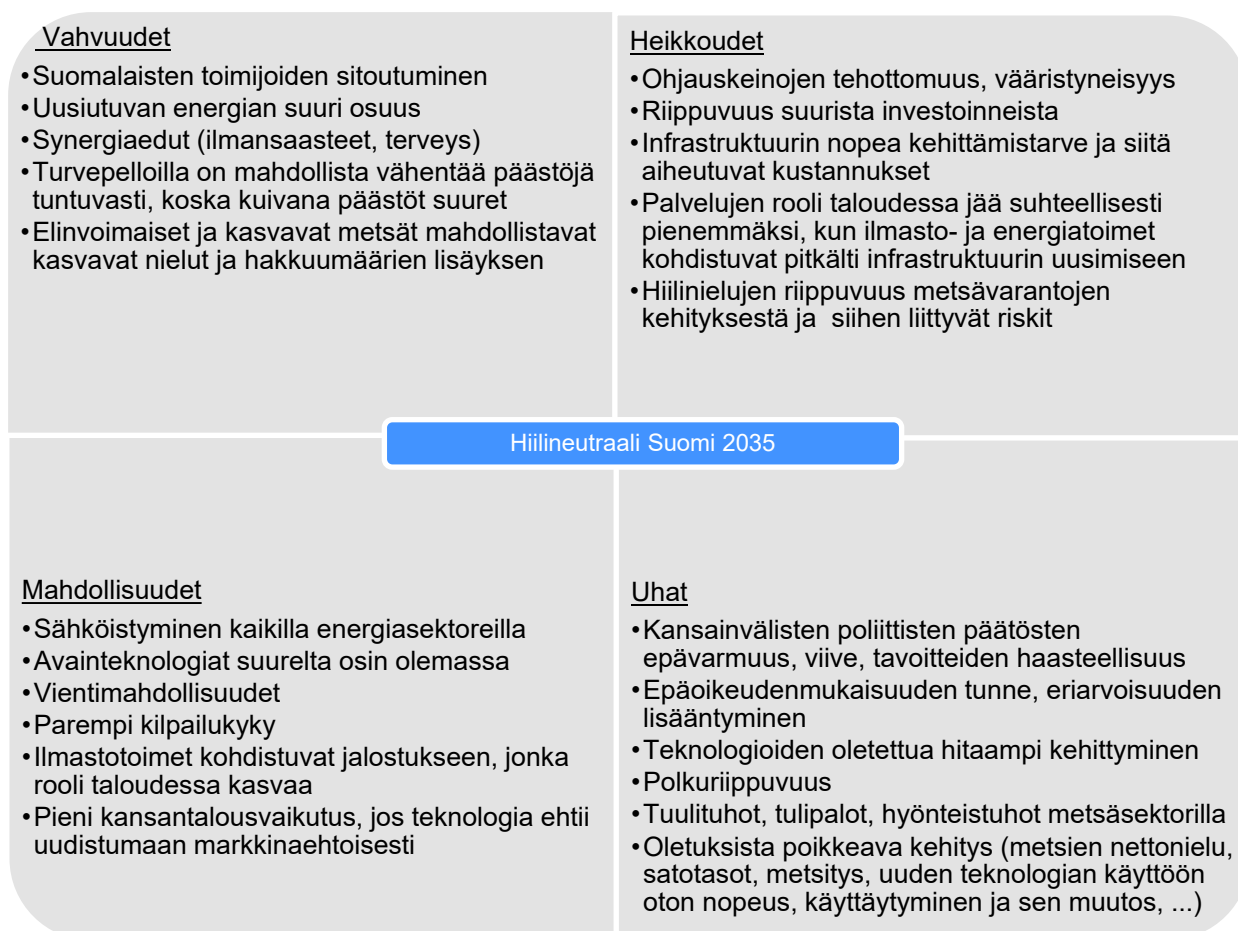
- Rakennusten erillislämmitykseen ja työkoneisiin käytettävän fossiilisen polttoaineen valmisteveron asteittainen korotus +3 €/MWh 2023, +3 €/MWh 2026 ja +4 €/MWh 2029 (yht. +10 €/MWh), joka korvaa em. tuplaindeksikorotuksen, kunnes tuplaindeksikorotus saavuttaa 10 €/MWh-tason (päätöksiä ei olemassa).

## 2 Avainviestit hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisesta

### 2.1 Yhteenveto SWOT-analyysistä

Lassi Similä, VTT

**Kuvio 2.** Yhteenveto HIISI-hankkeen tulosten perusteella Suomen hiilineutraalisuustavoitteen vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista ja uhista.



HIISI-hankkeen avainviestien ja suositusten kartoittamiseksi tuloksista hyödynnettiin ns. SWOT-analyysiä, jossa tunnistettiin *sisäisiä* vahvuuksia ja heikkouksia ja *ulkoisia* mahdollisuuksia ja uhkia peilaten Suomen hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseen. Perustellun ja laaja-alaisen yleiskuvan tuottamiseksi analyysissä pyrittiin nojautumaan lähtökohtaisesti HIISI-hankkeen osatehtävien laskennallisiin ja laadullisiin analyyseihin ja tuloksiin sisältäen myös työpajat ja asiantuntijahaastattelut. Laadullinen SWOT-tarkastelukehikko mahdollistaa myös synteessissä tehtyjen havaintojen hyödyntämisen esimerkiksi hankkeen tuloksissa suppeammin analysoitujen osa-alueiden korostamiseksi. Tässä luvussa esitetyt tulokset perustuvatkin kunkin osahankkeen tulosten tärkeimpinä nähtyihin avainviesteihin ja suosituksiin hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisen kannalta.

Nelikentällä esitetään edellä kuvatulla tavalla muodostettu lyhyt yhteenveto Suomen näkökulmasta tärkeimmistä vahvuuksista, heikkouksista, uhista ja mahdollisuuksista hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisen kannalta (Kuvio 2). Yksityiskohtaisemmin havainnot esitetään sektoreittain luvun 2.2 tietolaatikoissa. Vahvuuksien (järjestelmän kannalta sisäisiä positiivisia tekijöitä) puolella korostuvat hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen liittyvät synergiaedut, jotka näyttäytyvät mm. ilmansaasteiden ja siihen kytkeytyviä haitallisten ympäristö- ja terveysvaikutusten vähenemisenä. Monet Suomen vahvuuksista voidaan lukea luonnonvarojen kestävä hyötykäytön alle, kuten mahdollisuudet kasvattaa nieluja ja uusiutuvan energian osuutta. Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta on tulosten mukaan yli 60 % vuonna 2030. Suomalaisten toimijoiden vahva sitoutuminen hiilineutraalisuustavoitteeseen ilmeni mm. hankkeeseen kuuluneessa toimialojen vähähiilitiekarttojen analyysissä ja sen osana toteutetuissa asiantuntijahaastatteluissa. Ulkoisina positiivisina puolina (mahdollisuuksina) nähdään teknologian monin osin riittävä kehitysaste hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseksi ja muutoksen mahdollistamat vientimahdollisuudet. Lisäksi hankkeen taloudellisten tarkastelujen mukaan hiilineutraalisuustavoitteen kansantalousvaikutus on pieni, jos teknologia ehtii uudistumaan markkinaehtoisesti.

Kotimaisessa katsannossa heikkouksia hiilineutraalisuustavoitteen toteutumiseksi on nähtävissä ohjauskeinojen tehottomuudessa ja niihin liittyvinä vinoutuneina kannustimina. Esimerkiksi maataloussektorilla nykyinen pinta-alaperusteinen tukijärjestelmä heikentää pellon tarjontaa myynti- ja vuokramarkkinoilla ja kannustaa epäsuorasti rai-vaukseen, eikä päästövähennys voi olla nykyisessä maatalouspolitiikassa maksu-peruste.

Uhkissa on syytä huomioida kansainväliseen ilmastopolitiikkaan (EU, YK) ja sen toimeenpanoon liittyvät epävarmuudet, jolloin on mahdollista, että investointiympäristö ei muodostu suotuisaksi hiilineutraalisuustavoitteen kannalta tarvittaville merkittäville investoinneille, joita on tulosten mukaan mm. teollisuudessa ja infrastruktuurissa. Li-

säksi ulkopuolelta asetetuilla tavoitteilla ja niiden allokoinnilla voi olla merkittävä kustannusvaikutus. Kansalaisiin kohdistuva hiilineutraalisuustavoitteeseen liittyvä uhka on nähtävissä toimenpiteisiin liittyvänä eriarvoisuuden lisääntymisenä mm. alueellisesti ja väestöllisesti. Luonnonolosuhteista johtuva tavoitteen kannalta ei-toivottu kehitys nähdään uhkana monien HIISI-hankkeessa tarkasteltujen sektorien näkökulmasta (hyönteis- ja tuulituhot, tulipalot, nieluvaikutukset). Uhkia kartoitettaessa on syytä korostaa, että hankkeessa suoritettujen mallilaskelmat perustuvat lukuisiin oletuksiin tulevasta kehityksestä. Kuitenkin päästöjä vähentävien kehitteillä olevien teknologioiden kaupallistuminen voi tapahtua arvioitua hitaammin, teknologioihin liittyvät haitalliset ympäristövaikutukset voivat rajoittavaa niiden käyttöönottoa oletettua enemmän tai niiden käyttöönottoon tarvittavia ohjauskeinoja ja sääntelyä ei saada pantua täytäntöön muodostaen uhkan hiilineutraalisuustavoitteen toteutumiselle.

## 2.2 Sektori- ja osatehtäväkohtainen SWOT-analyysi

*Tiina Koljonen, Terttu Vainio, Juhani Laurikko, Antti Lehtilä & Lassi Similä (VTT), Liisa Maanavilja, Tarja Tuomainen, Heikki Lehtonen, Antti Miettinen, Kauko Koikkalainen, Hannu Hirvelä, Antti Mutanen, Jari Viitanen (Luke), Sampo Soimakallio, Mikael Hildén, Johanna Niemistö, Jyri Seppälä, Päivi Tikkakoski (Syke), Juha Honkatukia (THL), Olli-Pekka Ruuskanen (PTT)*

### HIILINEUTRAALI SUOMI 2035 - VAHVUUDET

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, VTT (Energiajärjestelmä ja KHK-päästöt)**

- Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta yli 60 % 2030.
- Suomalaiset toimijat vahvasti sitoutuneet hiilineutraalisuustavoitteen toteuttamiseen (tiekartat).
- CO<sub>2</sub>-päästötön sähkön ja lämmön tuotanto 2035 mennessä (ml. rakennusten erillislämmitys).

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, Luke (maa- ja metsätalous, LULUCF)**

- Turvellidoilla on mahdollista vähentää päästöjä tuntuvasti, koska kuivatettuina niiden päästöt ovat suuret, mutta vedenpinnan nostaminen vähentää päästöjä tehokkaasti.

- Peltoalaa on riittävästi käytettäväksi monenlaisiin ilmastotoimiin: huonotuottoisia ja käytöstä poistuvia viljelysmaita voidaan metsittää ja vettä ilman että ruokaturva vaarantuu.
- Monilajiset nummet tuottavat hyvälaatuisia satoa ja kivennäismailla sitovat hiiltä maaperään.
- Nurmelle on kysyntää eri puolilla maata karjan rehuksi.
- Yksivuotisilla kasveilla hiilensidontatoimet, kuten kerääjäkasvit ja maanparannuskasvit, ja viljelykierrot parantavat viljelysmaan laatua ja sitovat hiiltä maaperään.
- Elinvoimaiset ja kasvavat metsät mahdollistavat kasvavat nielut ja hakkuumäärien lisäyksen.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, SYKE & THL (Sova)**

- Ilmastotavoitteiden saavuttamisella on lähtökohtaisesti myönteisiä ympäristövaikutuksia, kun ilmastonmuutoksen erinäisiä haitallisia vaikutuksia ympäristöön saadaan samalla hillittyä.
- Siirtyminen kasvavassa määrin polttoon perustumattomaan energian tuotantoon vähentää ilmansaasteita ja siihen kytkeytyviä haitallisia ympäristö- ja terveysvaikutuksia.
- Päästöjen vähentäminen kulutusta vähentämällä ja energian käyttöä tehostamalla vähentää suoraan myös muita tuotantoon kytkeytyviä ympäristövaikutuksia.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, THL & PTT (talous, luonnonvaramarkkinat)**

- Jos investoinnit uuteen teknologiaan toteutuvat markkinaehtoisesti, kasantalousvaikutukset pienet (vientivetoinen kasvu jatkuu).

## **HIILINEUTRAALI SUOMI 2035 - MAHDOLLISUUDET**

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, VTT (Energiajärjestelmä ja KHK-päästöt)**

- Sähköistyminen kaikilla energiasektoreilla mahdollistajana.
- Teollisuuden dekarbonisaatio, ts. fossiilisesta hiilestä luopuminen teollisuuden raaka-aineena ja/tai energialähteenä, ja hiilineutraalisuuteen pyrkiminen myös metsänieluja vahvistamalla (SSAB, Neste, metsäteollisuus, ...).
- Bioenergiaan liitetty hiilidioksidin talteenotto ja varastointi eli BECCS, Bioenergy with Carbon Capture and Storage (teollisuus, biojalostamot).
- Fossiiliton liikenne 2045.

- Teknologia pitkälti jo olemassa.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, Luke (maa- ja metsätalous, LULUCF)**

- Ruoka- ja rehuteollisuusyritysten hiilineutraalisuuteen pyrkivät sopimuskäytännöt vähentävät päästöjä.
- Turvetuotannosta luopuminen mahdollistaa kysynnän kosteikkoviljelyllä tuotetuille kasvualustoille ja kuivikkeille.
- Biokaasun kautta saadaan markkinoita nurmelle alueilla, joissa on vähän eläintuotantoa, sekä energiaomavaraisuutta ja huoltovarmuutta.
- Uudet valkuaiskasvilajikkeet lisäävät viljelykiertoa ja huoltovarmuutta.
- Markkinoille saattaa tulla edullisia ja tehokkaita rehun lisäaineita, jotka vähentävät nautojen ruoansulatuksen metaanipäästöjä.
- Metsänlannoituksella mahdollista lisätä metsien kasvua ja hiilensidontaa sekä vähentää turvemaiden päästöjä.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, SYKE & THL (Sova)**

- Ilmastotavoitteiden kiristyminen voi kiihdyttää päästöjä vähentävien teknologioiden kehittämistä ja kaupallistumista oletettua nopeammin. Tämä voi lisätä yritysten/teollisuuden kilpailukykyä.
- Ilmasto- ja muiden ympäristövaikutusten vähentämisen synergiahyödyt voivat edesauttaa ilmastotavoitteiden saavuttamiseen tarvittavien ohjauskeinojen ja sääntelyn täytäntöönpanoa.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, THL & PTT (talous, luonnonvaramarkkinat)**

- Ilmastotoimet kohdistuvat jalostukseen, jonka rooli taloudessa kasvaa.
- Vaikutukset kansantalouteen jäävät pieniksi, jos teknologia ehtii uudistumaan markkinaehtoisesti.
- Metsänomistajien omistajuudelleen asettamien eri tavoitteiden vuoksi tarvitaan monitasoisia hiilinielua edistäviä toimenpiteitä ja ohjauskeinoja.
- Oikeanlaisella taloudellisella kannustinjärjestelmällä moni metsänomistaja on kuitenkin kiinnostunut lisäämään hiilen sitomista ja varastointia omissa metsissä.
- Mahdollisuus myös, että ohjauskeinot ja toimenpiteet vaikuttavat käyttäytymiseen nopeammin ja tavoitteet saavutetaan etuajassa.

## HIILINEUTRAALI SUOMI 2035 - HEIKKOUEDET

### Osahankkeen tulosten pohjalta, VTT (Energiajärjestelmä ja KHK-päästöt)

- Nykyinen infrastruktuuri ei ehdi uusiutua riittävän nopeasti verrattuna KHK-päästötavoitteisiin => kustannusten nopea kasvu 2030 (=> 100-130 €/t CO<sub>2</sub>).
- Sähkön tuontiriippuvuus kasvaa ennen 2035 verrattuna WEM-skenaarioon (vrt. ed. kohta).
- 2030 ja 2035 tavoitteiden saavuttaminen riippuu erityisesti suurista teollisuuden investoinneista ja yritysten tekemistä päätöksistä niiden osalta. HIISI-arvioiden mukaan energiajärjestelmään ja päästöjen vähentämiseen tarvittavat investoinnit olisivat 7-10 miljardia vuodessa aikajaksolla 2026-2035.
- Hiilineutraalisuustavoite 2035 ja hiilinegatiivisuustavoite sen jälkeen ovat voimakkaasti sidoksissa LULUCF-sektorin ja metsänielujen kehityksin.

### Osahankkeen tulosten pohjalta, Luke (maa- ja metsätalous, LULUCF)

- Päästövähennysten tuottaminen etenkin maataloussektorilla on vaikeaa ilman eläinmäärien vähentämistä.
- Nykyinen pinta-alaperusteinen tukijärjestelmä heikentää pellon tarjontaa myynti- ja vuokramarkkinoilla ja kannustaa epäsuorasti raivaukseen.
- Päästövähennys ei voi olla nykyisessä maatalouspolitiikassa maksuperuste.
- Turvemaat ovat valtakunnan tasolla epätasaisesti jakautuneet, joten viljelijöillä ei ole välttämättä vaihtoehtoja turvemaalla viljelylle.
- Kaikkia siihen soveltuvia turvemaita ei saadakaan vetettyä riittävästi, vaikka tahtoa olisi.
- Vähäinen kokemus märkien turvepeltojen viljelystä tuottavasti ja kannattavasti.
- Nautojen päästöjä merkittävästi ja edullisesti vähentäviä rehuja ei ole vielä markkinoilla.
- Metsityksellä saadaan aikaan lisänielua hitaasti.



#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, SYKE & THL (Sova)**

- Ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää merkittäviä muutoksia tavoissa tuottaa ja kuluttaa energiaa, mihin sisältyy huomattavaa rakentamista ja luonnonvarojen käyttöä.
- Kasvihuonekaasupäästöjä vähentävät keinot osin myös lisäävät haitallisia ympäristövaikutuksia, kuten luonnon monimuotoisuuteen, vesistöihin, ilmaan ja maaperään sekä ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvia vaikutuksia.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, THL & PTT (talous, luonnonvaramarkkinat)**

- Palvelujen rooli taloudessa jää suhteellisesti pienemmäksi, kun ilmastotoimet korostavat jalostuksen ja rakentamisen osuutta.
- Jos uusi teknologia ei tule käyttöön markkinaehtoisesti, tarvitaan ohjauskeinoja, jotka aiheuttaisivat lisäkustannuksia, mutta avaisivat mahdollisuuksia esim. verotuksen painopisteen muuttamiseen.
- Hiilinielut nojaavat pitkälti metsävarantojen kehitykseen, mutta arviota niihin kohdistuvista riskeistä ja niiden toteutumisen vaikutuksista nieluihin ei ole tehty.
- Puuntuotanto on suurimmalle osalle metsänomistajista selvästi tärkein metsien tuottama hyöty, joten ympäristöarvot ovat alisteisia taloudellisille seikoille.

#### **HIILINEUTRAALI SUOMI 2035 - UHAT**

##### **Osahankkeen tulosten pohjalta, VTT (Energiajärjestelmä ja KHK-päästöt)**

- Taakanjakosektorin –50 % tavoite hyvin haastava => kustannusten kasvu "pilviin".
- Kansainvälinen ilmastopoliittika (EU, YK) ei luo suotuisaa investointiympäristöä.
- EU vs. kansallinen politiikka päällekkäistä ja/tai epäjohdonmukaista (EED, päästökauppa, ...).
- Päästötavoitteet "liikkuvat" eikä tulevia tavoitteita tiedetä.
- Liikenteen sähköistyminen ei toteudu markkinaehtoisesti WEM/WAM-tulosten mukaisesti.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, Luke (maa- ja metsätalous, LULUCF)**

- Poliittisia päätöksiä ei saada sovittua (liittyy myös muihin sektoreihin).
- Satotasojen oletettu kasvu ei toteudu.
- Ilmastomuutosten vaikutukset (hyönteis- ja tuulituhot, kuivuus).
- Nautojen vähenemisen myötä nurmiala korvautuu viljalla, jolloin maaperän päästöt kasvavat.
- Heikkosatoisten peltojen metsitys etenee hitaasti, jos ajaututaan eturistiriitihin eri alueilla.
- Märkien turvepeltojen viljely osoittautuu hankalaksi ja epäsuosituksi kannustimista huolimatta.
- Oletetut metsien nettonielua lisäävät toimenpiteet eivät toteudu.

#### **Osahankkeen tulosten pohjalta, SYKE & THL (Sova)**

- Ilmastotavoitteita ei välttämättä saavuteta, jos päästöjä vähentävien kehitteillä olevien teknologioiden kaupallistuminen tapahtuu arvioitua hitaammin, teknologioihin liittyvät haitalliset ympäristövaikutukset rajoittavat niiden käyttöönottoa oletettua enemmän tai niiden käyttöönottoon tarvittavia ohjauskeinoja ja sääntelyä ei saada pantua täytäntöön.
- Päästövähennysvaatimusten toteuttaminen nopeassa aikataulussa voi aiheuttaa polkuriippuvuutta, mikä voi hankaloittaa päästövähennysten toteutusmahdollisuuksia tulevaisuudessa.
- Alueellinen eriarvoistuminen (vrt. myös THL-laskelmat, ml. tulodesiilit): ilmastotoimien toimeenpano voi lisätä alueellista eriarvoisuutta alueiden erilaisten resurssien ja elinkeinorakenteen vuoksi.
- Oikeudenmukaisuusnäkökulma (myös tiekartat): Merkittävät verouudistukset, kiellot ja rajoitukset voivat lisätä huolta toimien oikeudenmukaisesta kohdentumisesta ja hyväksyttävyydestä ilman riittäviä tukitoimia.
- Päästövähennykset voivat jäädä oletettua pienemmiksi, ellei niitä koeta oikeudenmukaisiksi.

**Osahankkeen tulosten pohjalta, THL & PTT (talous, luonnonvaramarkkinat)**

- Tiekartoissa yms. Oletetaan, että asiat tapahtuvat markkinaehtoisesti (vaikutuksia ei ole pystytty arvioimaan).
- Puuston kasvun lisääntyminen ilmastonmuutoksen seurauksena lisää puun tarjontaa tulevaisuudessa, mutta ilmastonmuutos altistaa metsät uuden tyyppisille riskeille kuten tuholaisille ja tulipaloille.
- Liiallinen luottaminen markkinaohjaukseen unohtaa usein yksittäisen taloudellisen toimijan mahdollisuuden reagoida odotuksista eroavalla tavalla.

## 3 Keskeiset tulokset ja johtopäätökset

### 3.1 Suomen energiataseiden sekä kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien sekä kehityskulut

Suomen energia- ja päästötaseiden kehityksiä on arvioitu ja esitetty alla perustuen nykyiseen jakoon EU:n päästökauppa-, taakanjako- ja LULUCF-sektoreihin. EU:n 55-valmiuspaketti sisältää useita ehdotuksia liittyen edellä mainittuihin jakoihin ja jopa koko taakanjakosektorista luopumista pidemmällä aikavälillä. Mikäli komissio päätyy toisenlaiseen arkkitehtuuriin, kuin mitä alla on oletettu, vuoden 2030 jälkeisiä kehitys-arvioita tulee uudelleen arvioida.

#### 3.1.1 Energiajärjestelmän ja päästökauppasektorin kehitykset

*Tiina Koljonen & Antti Lehtilä, VTT*

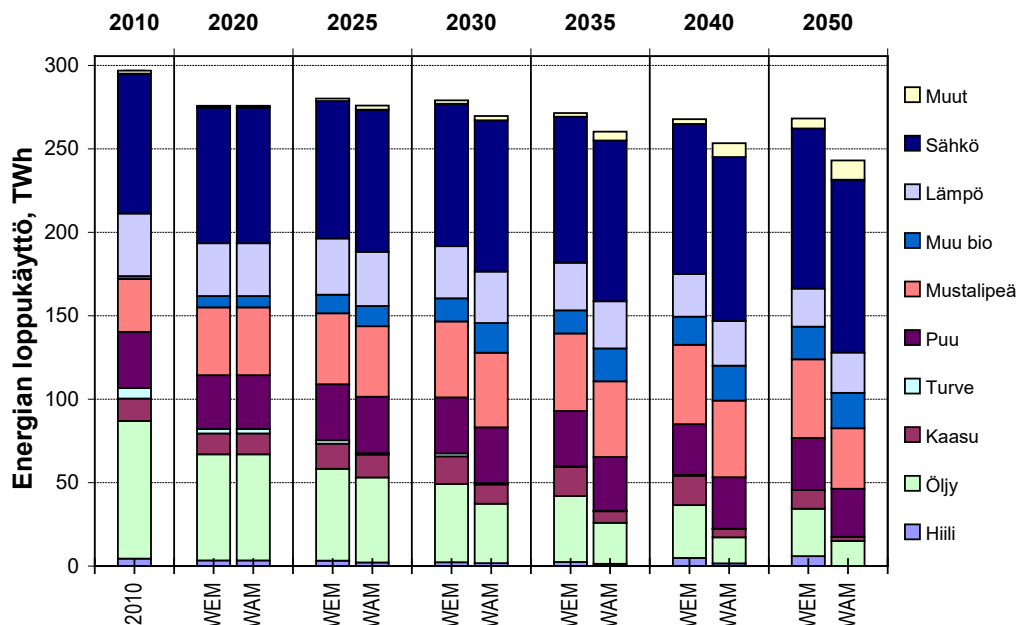
##### 3.1.1.1 Energian kysyntä ja tarjonta

**Uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nousee noin 60 prosenttiin vuonna 2030 WEM ja WAM -skenaarioissa. Sähkön tuotanto on lähes fossiilitonta jo vuonna 2030.**

Kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä (LULUCF-sektori pois lukien) energiaperäisten päästöjen osuus on Suomessa lähes 80 %, joten energian kokonaiskulutus on päästöjen kehityksen kannalta aivan keskeinen. Primaarienergian kokonaiskulutus on WEM-skenaariossa korkeimmillaan lähes 1500 PJ (410 TWh) vuonna 2035, jonka jälkeen kulutus alkaa pienentyä. Oletetut uudet ydinvoimalaitokset, jotka tulevat käyttöön vuosina 2022 ja 2032, ovat suurin yksittäinen primaarienergian kulutusta lisäävä tekijä. Hallitusohjelman mukainen tavoite vähintään puolittaa turpeen käyttö energiantuotannossa toteutuu jo WEM-skenaariossa ja WAM-skenaariossa muun muassa oletetut päästöoikeuden hinnat ja verojen korotukset (ks. liite 1) johtavat vielä nopeampaan turpeen käytöstä luopumiseen ja vuonna 2035 turpeen käyttö lähestyy jo nollatasoa.

Alla (Kuvio 3) on esitetty lisäksi energian loppukulutukset WEM- ja WAM-skenaarioissa energialähteittäin. Kuvasta nähdään energijärjestelmän sähköistyminen sekä toisaalta myös energiatehokkuuden paraneminen WAM-skenaariossa. EU:n 55-valmiuspaketin energiatehokkuusdirektiiviehdotus edellyttäisi kuitenkin Suomelta huomattavasti alhaisempaa loppuenergiankulutusta. TEM:n alustavan laskelman mukaan Suomen vuoden 2030 energian loppukäyttö rajattaisiin noin tasolle 255 TWh vuonna 2030 (TEM 2021). EU:n laskentasääntöjen mukaan loppukulutukseen sisällytetään myös kansainvälinen lentoliikenne, joka ei ole mukana alla esitetyissä WEM- ja WAM-skenaarioiden energian loppukulutusluvuissa.

**Kuvio 3.** Energian loppukulutus energialähteittäin WEM- ja WAM-skenaarioissa.

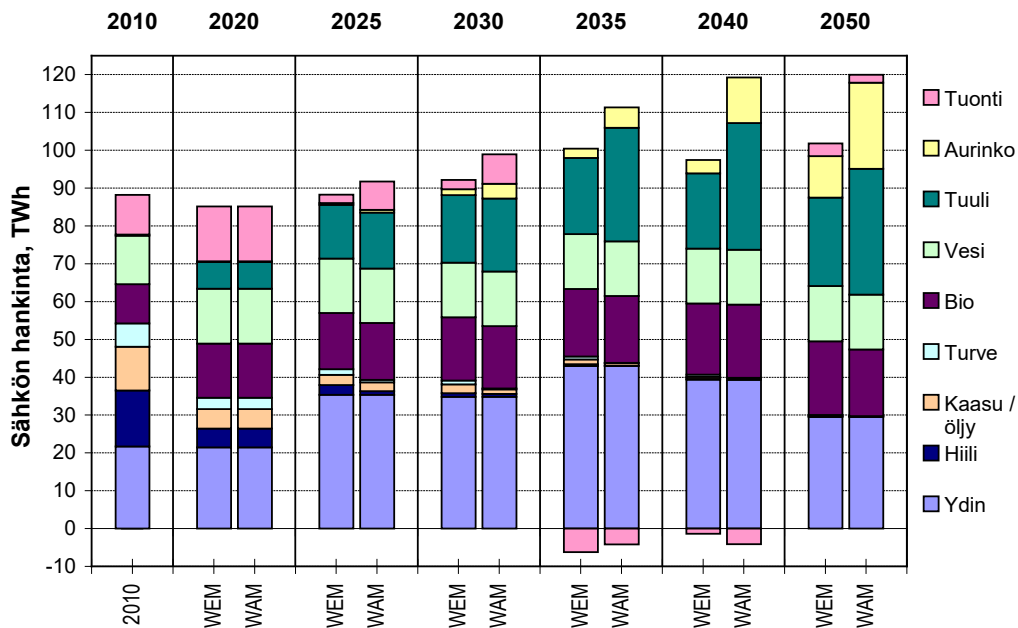


Sähkön tuotantorakenteessa tapahtuu vuoteen 2030 mennessä suuria muutoksia. Fossiilisiin polttoaineisiin ja turpeeseen perustuvasta sähköntuotannosta luovutaan jo vuoteen 2030 mennessä eikä WEM- ja WAM-skenaarioissa ole tässä suhteessa suurta eroa. Tarkasteltaessa energian loppukulutusta, uusiutuvan energian osuus kasvaa WEM-skenaariossa tasaisesti noin 56 %:n tasolle vuonna 2030. WAM-skenaarioissa osuus nousee huomattavasti nopeammin ja ylittää vuonna 2030 selvästi 60 %:n tason ja nousee vuoteen 2050 mennessä noin 80 %:iin.

Sekä WEM- että WAM -skenaariossa näkyy yhteiskunnan sähköistyminen, mutta WAM-skenaariossa ilmastotavoitteiden tiukentuminen johtaa nopeampaan sähköistymiseen. Ydinvoiman ja uusiutuvan energian kasvut sähkönhankinnassa parantavat

omavaraisuutta. Sähkötaseen, mukaan lukien kysynnän kasvun nopeus, liittyy merkittävää epävarmuutta ja tasapaino voi melko herkästi muuttua sen mukaan, kun tuuli- ja aurinkovoiman lisäinvestointeja suuntautuu joko Suomen rajojen sisäpuolelle tai lähialueille.

**Kuvio 4.** Sähköenergian kokonaishankinnan kehitys WEM- ja WAM -skenaarioissa.



### 3.1.1.2 Teollisuuden kehitysarviot

Teollisuuden kehitysten osalta on pyritty mahdollisuuksien mukaan huomioimaan teollisuustoimialojen julkaisemia vähähiilitiekarttoja (ks. luku 3.3). Keskeisiä lähtöoletuksia kehitysarviossa ovat oletukset liittyen teollisuuden tuotteisiin ja tuotantomääriin, jotka on oletettu samoiksi WEM- ja WAM-skenaarioissa. Perusmetallien ja metsäteollisuuden osalta kehitysarvioita on kuvattu tarkemmin Lehtilä ym. (2021) ja Maanavilja ym. (2021) osaraporteissa. Muun teollisuuden osalta skenaarioiden TIMES-mallinnuksessa on hyödynnetty FINAGE-mallilla tuotetun ENKO-perusskenaarion tuloksia eri teollisuudenalojen tuotoksen kehityksestä vuodesta 2017 vuoteen 2041 (Honkatukia 2021; Lehtilä ym. 2021). Yhteenveto FINAGE-mallinnuksen tuloksista on myös esitetty tämän luvussa 3.2.1.

Metsäteollisuuden tuotannon kehitysarviot on laadittu työ- ja elinkeinoministeriössä yhteistyössä Luke kanssa perustuen Luke:n tietolähteisiin ja analyyseihin (ks. Maanavilja ym. 2021), joita on täydennetty VTT:n arvioilla metsäteollisuuden uusista tuot-

teista. Myös metsäteollisuusarvioiden taustalla on käytetty vähähiilitiekarttoja, eli Metsäteollisuus ry:n julkaisemaa ilmastotiekarttaa (Metsäteollisuus 2020) ja Sahateollisuus ry:n hiilitiekarttaa (Sahateollisuus 2020). Lisäksi tausta-aineistona on hyödynnetty ja Pöyryn (nykyinen AFRY) vuonna 2016 laatimaa selvitystä ”Suomen metsäteollisuus 2015-2035”.

Mallinnukseen on sisällytetty oletuksia liittyen teollisuusprosessien investointeihin, joiden avulla saavutetaan merkittäviä KHK-päästövähennyksiä WAM-skenaariossa. Nämä liittyvät erityisesti terästeollisuuteen ja mineraaliöljyn valmistukseen sekä tekniisiin keinoihin saavuttaa nettonegatiivisia päästöjä. Näitä oletuksia on kuvattu edellä luvussa 1.3.

## 3.1.2 Taakanjakosektorin kehitys

### 3.1.2.1 Liikenne

*Juhani Laurikko, VTT*

**Biopolttoaineet tuovat vielä vuonna 2030 suurimman osan liikenteen päästövähennyksistä. Sähkön osuuden arvioidaan olevan vuonna 2030 alle 10 % tieliikenteen koko energiankäytöstä, vaikka sähköautojen lukumäärän oletetaan kasvavan vähintään 600 000-700 000 kappaleeseen WEM- ja WAM -skenaarioissa.**

Liikenteen päästöjen vähentämisessä keskeisin keino pitkällä aikavälillä on henkilöautokannan, ja myöhemmin myös muiden autojen, uusiminen sähköä käyttävillä autoilla. Samalla tulee tietysti huolehtia riittävästä latausverkoston kehittymisestä ja päästöttömän sähkön riittävydestä. Ajoitettaessa lataus oikea-aikaisesti ja ”älykkäästi”, voidaan hallita tehopiikit, eikä tarvittava energiamäärä vielä muutamaan vuosikymmenen merkittävästi nosta sähkön kokonaiskysyntää. Koska tarvittava muutos on kuitenkin mittaluokaltaan suuri, ei nykyisen taloustilanteen mahdollistama uusien autojen myynti tuota tarvittavaa tulosta vielä vuoteen 2030 mennessä, vaikka uusimpien markkinaennusteiden mukaan sähköautojen ja etenkin ladattavien hybridien suosio on voimakkaassa nousussa.

Henkilöautot edustavat kuitenkin vain puolta autojen kokonaisenergian käytöstä, ja raskaammissa ajoneuvoissa sähkökäyttöisyys on vasta alkumetreillä. Poikkeuksen tekevät kaupunkibussit, joissa sähköistyminen on jo arkipäivää. Tähän vaikuttaa omalta osaltaan ns. ”Puhtaiden ajoneuvojen direktiivi”, joka edellyttää ajoneuvojen tai kuljetuspalvelujen julkisten hankintojen suuntautuvan kasvavassa määrin päästöttömiin

vaihtoehtoihin. Julkisesti tuotettavat tai hankittavat joukkoliikennepalvelut ovat tämän kehityksen ytimessä, mutta kaupunkibusseja on koko Suomen linja-autokannasta vain alle viidesosa.

Bio- ja muista uusiutuvista raaka-aineista tai energioista valmistetut polttoaineet, jotka ovat yhteensopivia nykyisten ajoneuvojen polttomoottorien kanssa, tuovatkin alkaen vuosikymmenen päästövähennyksistä suuremman osan, koska ne voidaan ottaa käyttöön ns. "yön yli" -periaatteella, tarvitsematta odottaa autokannan uudistamista. Sähkön osuuden arvioidaan olevan vuonna 2030 vasta alle 10 % tieliikenteen koko energiankäytöstä, kun taas vuoden 2030 tilanteessa, kun sekoitevelvoite on WEM-skenaarion mukaiselle tasolle (30 %), vaikutus on yli 3 Mt CO<sub>2</sub>. WAM-skenaarioon sisältyy biokaasun mukaan ottaminen sekoitevelvoitteeseen (noin 2 TWh vuonna 2030), jolloin sekoitevelvoitteen taso nousee. Sekoitevelvoite on myös siinä määrin monista muista toimenpiteistä poikkeava, että se on lainvoimainen, ja sen täyttämättä jättämisestä on asetettu verrattain korkea sakkomaksu. Autojen uusiminen tapahtuu puolestaan markkinaehtoisesti, vaikkakin erilaisilla tuilla ja veronkevennyksillä hankintoja pyritään ohjailemaan ja stimuloimaan.

Kolmas keskeinen toimenpideryhmä koostuu keinoista, joilla vaikutetaan liikennesuoritteiden kehittämiseen. Kuten touko-kesäkuussa toteutettu tieliikennesuoritteiden päivitys osoitti, voivat sähköautojen halvemmat ajokustannukset johtaa sähköautojen lisääntyessä voimakkaaseenkin suoritteiden kasvuun, ellei tarjolla ole riittävästi ja vaihtomasti käytettäviä muita liikkumispalveluita, jotka ovat joustavuudeltaan ja myös kustannuksiltaan kilpailukykyisiä. Meneillään oleva kaupungistumisen voimistuminen ja vauhdittuminen tukevat periaatteessa joukkoliikenteen kysynnän ja käyttöasteen kasvamista, mutta erityisenä haasteena tulee olemaan harvempaan asuttujen seutujen liikennepalvelujen järjestäminen järkevällä kustannusrakenteella, jotta ne voisivat aidosti korvata oman auton käyttöä.

Periaatteellisella tasolla WAM-skenaario koostuu samoista elementeistä kuin WEM, mutta kaikkia osa-alueita pyritään viemään pitemmälle. Sähköautojen tavoite voisi olla jopa 750 000 henkilöautoa ja lähes 50 000 pakettiautoa, ja sähkökäyttöisten raskaiden autojen määrä voisi nousta yli 8000 autoon, joista bussien osuus olisi 1500. TIMES-VTT -mallinnuksessa sähköautojen vähimmäismääräksi asetettiin 700 000 ja malli optimoi sähköautojen markkinaosuuden kasvun minimimäärästä, mikäli se on taloudellisesti kannattavaa KHK-päästötavoitteisiin pääsemiseksi. Biopolttoaineiden käytön lisääminen tapahtuisi nostamalla biokaasun osuutta liikennemetaanin käytössä, ja samalla lisäämällä kaasukäyttöisten raskaiden autojen määrää. Suoritteiden osalta erityisen tärkeitä olisi pystyä pitämään henkilöautojen ajosuoritteiden kasvu mallillisena, tai jopa estämään se kokonaan, ja pysäyttää se ennen koronapandemiaa vallinneelle, vuosien 2017 ... 2019 tasolle.



**Taulukko 2.** WEM ja WAM skenaarioiden mukaiset automäärät käyttövoimittain.

Henkilöautoja	2020	WEM		WAM	
		2030	2045	2030	2045
Bensiini	1 898 000	1 537 000	1 015 000	1 487 000	462 000
Diesel	761 000	662 000	305 000	584 000	159 000
Kaasu	12 000	24 000	5 000	24 000	5 000
Sähkö	55 000	622 000	1 715 000	750 000	2 415 000
Yhteensä	2 736 000	2 850 000	3 041 000	2 850 000	3 041 000

**Taulukko 3.** WEM ja WAM skenaarioiden mukaiset ajosuoritteet ajoneuvoluokittain miljoona km per vuosi.

Suoritteet	2020	WEM		WAM	
		2030	2045	2030	2045
Henkilöautot	39 100	46 000	54 500	40 800	40 800
Pakettiautot	5 700	6 000	6 500	6 000	6 400
Linja-autot	500	500	500	500	500
Kuorma-autot	3 300	3 600	3 400	3 500	3 400

### 3.1.2.2 Rakennukset ja rakentaminen

*Terttu Vainio, VTT*

#### **Rakennusten lämmityksen arvioidaan olevan lähes päästötöntä 2030-luvun puolivälissä.**

Rakennuskannan lämmityksen päästöistä noin 10 prosenttia on peräisin fossiilisia polttoaineita käyttävistä erillislämmityksistä ja 90 prosenttia keskistetystä energiantuotannosta. Fossiilinen polttoaine uusien rakennusten pääasiallisena lämmitystapana on ollut äärimmäisen harvinainen valinta jo vuosien ajan. Lopullisesti sen tulee lopettamaan uusiutuvan energian osuudelle asetettava vaatimus<sup>4</sup>. Olemassa olevasta rakennuskannasta fossiilisia polttoaineita käyttävä erillislämmitys poistuu sekä rakennusten poistuman kautta että lämmitysjärjestelmien uusimisen yhteydessä. Öljylämmityksestä luopumista nopeuttavat kotitalouksille, taloyhtiöille, kunnille ja kuntien liikelaitoksille

<sup>4</sup> Vaatimus liittyy EU:n uusiutuvan energian RED II -direktiivin kansalliseen toimenpanoon, josta on annettu hallituksen esitys HE 121/2021 vp. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_121+2021.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_121+2021.aspx)

myönnettävät tuet. Rakennusten lämmityksen arvioidaan olevan lähes päästötöntä 2030-luvun puolivälissä.

### 3.1.2.3 Maatalous

*Liisa Maanavilja, Antti Miettinen, Kauko Koikkalainen ja Heikki Lehtonen, Luke*

#### **HIISI-politiikkaskenaarion (WAM) toimet tuovat muutoksia maankäyttöön, pellonkäyttöön ja viljelyyn. Maatalouden toimien päästövähennysvaikutus painottuu LULUCF-sektorille.**

HIISI-politiikkaskenario (WAM) sisältää Suomen CAP27<sup>5</sup> -suunnitelmaluonnoksen (2.7.2021) politiikkaohjauksen ja tutkijoiden esittämät lisäohjaustarpeet (Liite 1). Jotta päästövähennykset toteutuvat, viljelijät tarvitsevat riittävät taloudelliset kannustimet lisätoimien toteuttamiseen ja päästöjen vähentämiseen.

Uuden pellon raivauksesta luovutaan WAM-skenaariossa vuoteen 2040 mennessä vähitellen kokonaan pieniä peltolohkojen järjeistämisiä lukuun ottamatta (Taulukko 4). Pellonraivausta hillitään rajaamalla raivatut alat pysyviksi nurmiksi ja nousevalla maankäytön muutosmaksulla<sup>6</sup>. Turvetuotannosta vapautuvat alueet ohjataan pois peltoviljelystä vuosittain nousevalla maankäytön muutosmaksulla, joka koskee muuta jatkokäyttöä kuin metsittämistä tai vettämistä. Huonotuottoisia turvemaita metsitetään, muutetaan ilmastokosteikoiksi ja jätetään viljelemättä (Taulukko 4). Maatalousmaiden metsitystä ja vettämistä tuetaan tarjouskilpailuperustaisella tuella.

<sup>5</sup> Suomen kansallinen suunnitelma Euroopan Unionin yhteisen maatalouspolitiikan (CAP) seuraavalle rahoituskaudelle sisältää toimenpiteet, joilla yhteisen maatalouspolitiikan tavoitteet Suomessa toteutetaan.

<sup>6</sup> Maksu koskisi kaikkea metsän raivausta muuhun maankäyttöön, ja se asetettaisiin raivauksesta aiheutuvan ilmastollisen haitan suuruiseksi niin, että maksu ei kokonaan lopeta yhteiskunnan kehittämisen kannalta hyödyllistä maankäytön muutosta, kuten merkittävien rakentamishankkeiden toteutumista.

**Taulukko 4.** Maatalouden päästövähennystoimet WAM-skenaariossa: maankäytön muutokset 2023–2040. Raivauksen toimi on raivauksen vähentäminen; taulukossa on esitetty toteutuva raivaus.

<b>Maankäytön muutos, yhteensä 2023-2040</b>	<b>turvemaa, ha</b>	<b>kivennäismaa, ha</b>
Pellonraivaus metsästä	5 639	5 694
Hylätyn pellon metsitys	11 716	41 127
Huonotuottoisen pellon metsitys	11 322	20 719
Peltoa ilmastokosteikoksi (vedenpinta -5–10 cm)	10 000	–

Viljelyyn jäävillä turvepelloilla vähennetään yksivuotisten kasvien viljelyä ja lisätään nurmialaa. Osalla turvepelloista on nurmiviljelyä korotetulla vedenpinnalla sekä ruokohelven ja järviruo'on kosteikkoviljelyä kuivike- ja kasvualustakäyttöön (Taulukko 5). Kivennäismaapelloilla tehostetaan hiilen sidontaa maaperään, mikä edellyttää viljelyn ja viljelykiertojen monipuolistamista. Toimia ovat nurmen lisääminen kiertoihin sekä kerääjä-, maanparannus- ja saneerauskasvit (Taulukko 5).

Pellonkäytön ja viljelyn toimia tuetaan CAP:in toimenpitein. Märkien nurmien hoitosopimukseen otetaan mukaan vedenpinnan tason seuranta, ja viljelijälle kompensoidaan korjuun aikaisen märkyyden riski. Turvetta korvaavien kuivike- ja kasvualustakasvien kosteikkoviljelyä turvemaalla ja biokaasunurmia Etelä-Suomen kivennäismailla tuetaan erikseen. Kerääjäkasvien tukiala kaksinkertaistetaan CAP27-kauden jälkeen ja myös viherlannoitusnurmien alaa nostetaan (Taulukko 5).

**Taulukko 5.** Maatalouden päästövähennystoimet WAM-skenaariossa: pellonkäyttö ja viljely. Päästöjä vähentävien pellonkäyttötapojen pinta-alat vuosina 2030 ja 2040.

<b>Toimi</b>	<b>Ala 2030, ha</b>	<b>Ala 2040, ha</b>
Turvemaan märkä nurmi	17 500	42 500
Turvemaan kosteikkoviljely (ruokohelpi, järviruoko)	5 833	13 333
Kerääjäkasvit	620 000	620 000
Maanparannus- ja saneerauskasvit	100 000	100 000
Viherlannoitusnurmi	24 545	70 000
Biokaasunurmi kivennäismaalla	33 103	74 483

Metaanipäästövähennyksiä saadaan käyttämällä lypsylehmien ruokinnassa valkuaisrehuna kotimaista rypsipuristetta ja ottamalla käyttöön uusia metaanintuottoa vähentäviä rehun lisäaineita. Täsmäviljelyn avulla vähennetään typpilannoituksen dityppioksidipäästöjä. Lannan ravinteiden sijoittamista sadontuoton ja ympäristön kannalta optimaalisesti edistetään kiertotalousratkaisujen avulla, mikä osaltaan lisää lannoituksen tarkkuutta ja siten vähentää päästöjä. Täsmäviljelyä ja lannan ravinteiden kierrätystä tuetaan investointituilla.

WAM-skenaarion päästövähennysvaikutukset painottuvat LULUCF-sektorille. (Taulukko 6). Maataloussektorin päästöjen vähentämiseen tarvittaisiin maatalousturvemaiden päästöjä vähentävien toimien lisäksi eläintuotantoa vähentävä ruokavaliomuutos, jollaista HIISI:n WAM-skenaariossa ei oletettu. LULUCF-sektorin viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden yhteenlasketut päästöt ovat vuonna 2035 WAM-skenaariossa 1,0 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv. pienemmät kuin WEM-skenaariossa. Taakanjakosektoriin kuuluvalla maataloussektorilla vähennys on 0,4 milj. t CO<sub>2</sub>-ekv.

Maatalouden päästövähennystoimien kustannukset WAM-skenaariossa arvioidaan yhteensä olevan noin 58 milj. € vuonna 2023, 115 milj. € vuonna 2030 ja noin 137 milj. € vuonna 2040. Syy nouseville kustannuksille on se, että märkien turvemaiden ja metsitysalojen ja vuosittaisten hoitopalkkioiden kokonaismäärä kasvaa. Kustannukset per saavutettu päästövähennystonni alenevat tasolta 84 € tasolle 63 € vuosina 2023-2040. Edullisimmat päästövähennykset saadaan turvepelloilta (noin 20 €/t CO<sub>2</sub>-ekv.) ja kalleimmat kivennäismaiden toimista ja lehmien metaanipäästöjen vähentämisestä (yli 100 €/t CO<sub>2</sub>-ekv.). Metsityksestä saadaan hyvin vähäiset päästövähennykset vuoteen 2040 mennessä, mikä nostaa keskimääräistä päästövähennyskustannusta 2023-2040, mutta metsityksen päästövähennys nousee ja sen kustannus vähenee merkittävästi vasta 20 vuoden kuluttua metsityksestä eli 2043 jälkeen. Edellä mainituissa kustannuksissa on merkittävää epävarmuutta, vähintään +/- 20 %.

**Taulukko 6.** Maatalouden päästöt maataloussektorilla ja LULUCF-sektorilla HIISI-skenaarioissa. Säteilypakotekertoimet (GWP) IPCC:n viidennen arviointiraportin (AR5) mukaan.

päästö, milj. t CO <sub>2</sub> -ekv	2005	2019	2030	2035	2040	muutos 2005-2040
Maataloussektori WEM	6,34	6,40	6,26	6,20	6,14	-0,20
Maataloussektori WAM	6,34	6,40	5,92	5,77	5,57	-0,77
LULUCF WEM, viljelysmaa	7,55	7,94	7,58	7,61	7,67	0,12
LULUCF WAM, viljelysmaa	7,55	7,94	6,70	6,45	6,12	-1,43
LULUCF WEM, ruohikkoalueet	0,90	0,70	0,68	0,67	0,65	-0,25
LULUCF WAM, ruohikkoalueet	0,90	0,70	0,75	0,79	0,82	-0,08

### 3.1.2.4 Muut taakanjakosektorit

Liikenne ja maatalous ovat merkittävimmät KHK-päästöjä tuottavat taakanjakosektorit. Rakennusten erillislämmityksen päästöt ovat pienentyneet 2000-luvulla ja suotuisan kehityksen oletetaan myös jatkuvan vuoteen 2030 mennessä. Taakanjakosektorille kuuluvat lisäksi päästökaupan ulkopuoliset teollisuuden toimialat ja pienimuotoinen energiantuotanto sekä työkoneet, jätteenkäsittely ja F-kaasut. Näiden kehityksiä on kuvattu osaraportissa Lehtilä ym. (2021).

### 3.1.3 LULUCF-sektori

*Tarja Tuomainen, Antti Mutanen ja Hannu Hirvelä, Luke*

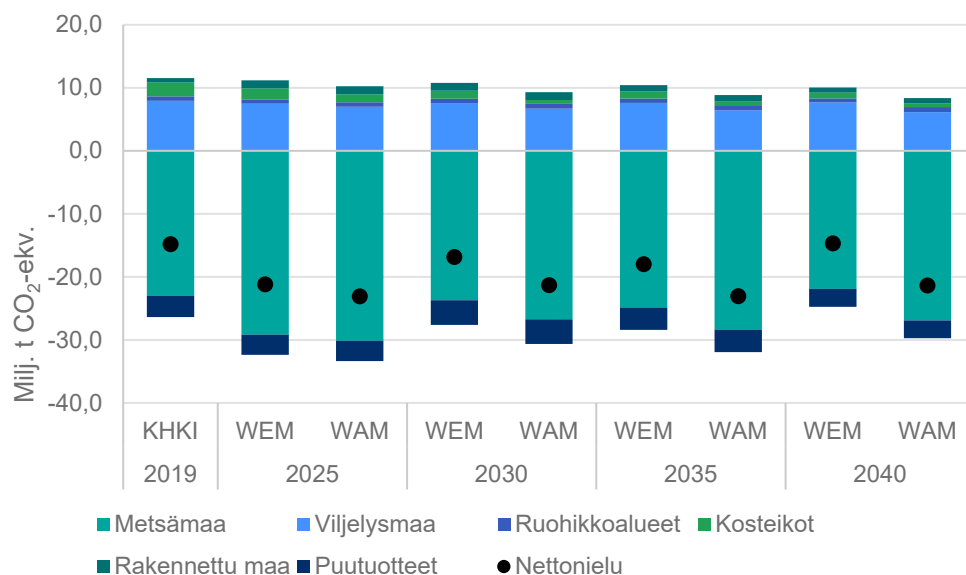
**LULUCF-sektorin nettonielua on mahdollista kasvattaa kohdistamalla toimia maaperäpäästöjen vähentämiseen. Puuston kasvua ja siten nielua on mahdollista lisätä etenkin metsänlannoituksella. Nielutavoitteen saavuttamiseen vaikuttavat etenkin maataloudessa toteutettavat päästövähennykset.**

LULUCF-sektorin politiikkaskenaarion (WAM) nettonielu oli vuonna 2035 lisätoimien ansiosta 5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia suurempi kuin perusskenaarion (WEM) nettonielu (Kuvio 5, Taulukko 7, Taulukko 8). WAM-skenaario osoittaa, että LULUCF-sektorilla on mahdollista kasvattaa nieluja ja vähentää päästöjä. Nettonielun jatkuva kasvattaminen tai nielun ylläpitäminen saman suuruisena on kuitenkin haastavaa. Ihmisen toiminnan vaikutukset voivat olla nopeita ja aiheuttaa heilahtelua vuosien välillä, esimerkiksi muutokset hakkuukertymissä tai uuden politiikan käyttöönotto.

Metsäteollisuuden tuotantomäärät olivat samat sekä WEM- että WAM -skenaariossa. Metsähakkeen sekä pientalojen polttopuun käyttömäärissä oli eroja WEM- ja WAM -skenaarioiden välillä perustuen TIMES-VTT -mallinnuksen laskentatuloksiin. Metsäteollisuus ry:n ilmastotiekartan metsänhoitoskenaarion toimien mukaisesti WAM-skenaariossa nostettiin kasvatuslannoitusten vuotuinen pinta-ala 150 000 hehtaariin puuston kasvua lisäävänä keinona. Lisäksi vähennettiin ojitettujen turvemaiden kunnostusojituksia ja hyödynnettiin yläharvennustyyppisiä hakkuita turvemaidella keinoina ottaa huomioon muitakin käyttömuotoja metsätalouden lisäksi. Nämä toimenpiteet sekä metsähakkeen ja polttopuun käyttömäärien erot lisäsivät metsien hiilinielua WAM-skenaariossa noin 3 miljoonalla hiilidioksidiekvivalenttitonnilta vuonna 2035. Sekä WEM- että WAM-skenaariossa taimikonhoidot tehtiin aina metsänhoidon suositusten mukaisesti ja jalostetun viljelymateriaalin mahdollinen vaikutus ilmeni vain ka-libroidun kasvuntason kautta.

Maatalouden politiikkaskenaarion lisätoimet sisällytettiin LULUCF:n WAM-skenaarioon (Taulukko 7, Taulukko 8). Uutta turvetuotantoalaa ei otettu käyttöön WAM-skenaariossa turpeen energiakäytön edelleen vähetessä verrattuna perusskenaarioon. Vapautuva ala siirtyi jatkokäyttöön viimeistään kahden vuoden kuluessa turpeen korjuun päätyttyä, jatkokäyttömuotoina metsitys, ja rahkasammalen kasvatus ja veden peittäminen ympäristökosteikko. Tuuli- ja aurinkovoimaloiden tarve johdettiin TIMES-VTT-mallin tuuli- ja aurinkovoiman tuotantoluvuista, jotka kasvoivat perusskenaarioon verrattuna.

**Kuvio 5.** LULUCF-sektorin kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat sekä sektorin nettonielu WEM- ja WAM-skenaarioissa.



**Taulukko 7.** LULUCF-sektorin päästöt päästöluokittain WEM-skenaariossa, miljoona hiilidioksidiekvivalentttonnia. Vuosi 2019 vastaa KHK-inventaarion arvoja AR5:n GWP-kerroimilla ja vuodet 2020–2040 ovat WEM-skenaarion tuloksia.

	2019	2025	2030	2035	2040
Metsämaa	-23,01	-29,17	-23,71	-24,85	-21,92
Viljelysmaa	7,94	7,47	7,58	7,61	7,67
Ruohikkoalueet	0,70	0,69	0,68	0,67	0,65
Kosteikot	2,23	1,75	1,28	1,13	0,90
Rakennettu maa	0,68	1,27	1,23	1,00	0,82
Puutuotteet	-3,37	-3,22	-3,92	-3,56	-2,82
<b>Yhteensä</b>	<b>-14,83</b>	<b>-21,20</b>	<b>-16,85</b>	<b>-18,0</b>	<b>-14,69</b>

**Taulukko 8.** LULUCF-sektorin päästöt päästöluokittain WAM-skenaariossa, miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Vuosi 2019 vastaa KHK-inventaarion arvoja AR5:n GWP-kertoimilla ja vuodet 2020–2040 ovat WAM-skenaarion tuloksia.

	2019	2025	2030	2035	2040
Metsämaa	-23,01	-30,14	-26,72	-28,37	-26,92
Viljelysmaa	7,94	6,99	6,70	6,45	6,12
Ruohikkoalueet	0,70	0,73	0,75	0,79	0,82
Kosteikot	2,23	1,25	0,62	0,57	0,56
Rakennettu maa	0,68	1,28	1,23	1,04	0,85
Puutuotteet	-3,37	-3,22	-3,92	-3,56	-2,82
Yhteensä	-14,83	-23,11	-21,33	-23,07	-21,38

### 3.1.4 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja hiilineutraalisuustavoite

*Tiina Koljonen & Antti Lehtilä, VTT*

#### 3.1.4.1 Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärä vähenee WEM-skenaariossa vuoden 2020 jälkeen suunnilleen samassa tahdissa kuin 2000-luvun alkuvuosikymmeninä keskimäärin, mutta WAM-skenaarion tavoitteet edellyttävät vielä selvästi nopeammin laskevaa päästöuraa. Suomi ylittää kuitenkin jo WEM-skenaariossa EU:n yhteisen vuotta 2030 koskevan tavoitteen, eli 40 %:n päästönvähennyksen vuoden 1990 päästöihin verrattuna ja päätyy 70 %:n vähennykseen vuonna 2050. WAM-skenaariossa vuodelle 2050 asetettu 90 %:n päästöjen vähentämisen vähimmäistavoite saavutetaan kokonaan kotimaisin toimin ilman joustomekanismien käyttöä, mutta soveltamalla kohtuullisessa määrin myös hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (CCS), mukaan lukien negatiivisia päästöjä tuottava BECCS-teknologia. Vuonna 2050 CCS:n tuoma vähennys on kaikkiaan noin 9 Mt, ja pitkälti sen ansiosta päästöjä vähennetään tulosten mukaan yli 93 % vuonna 2050.

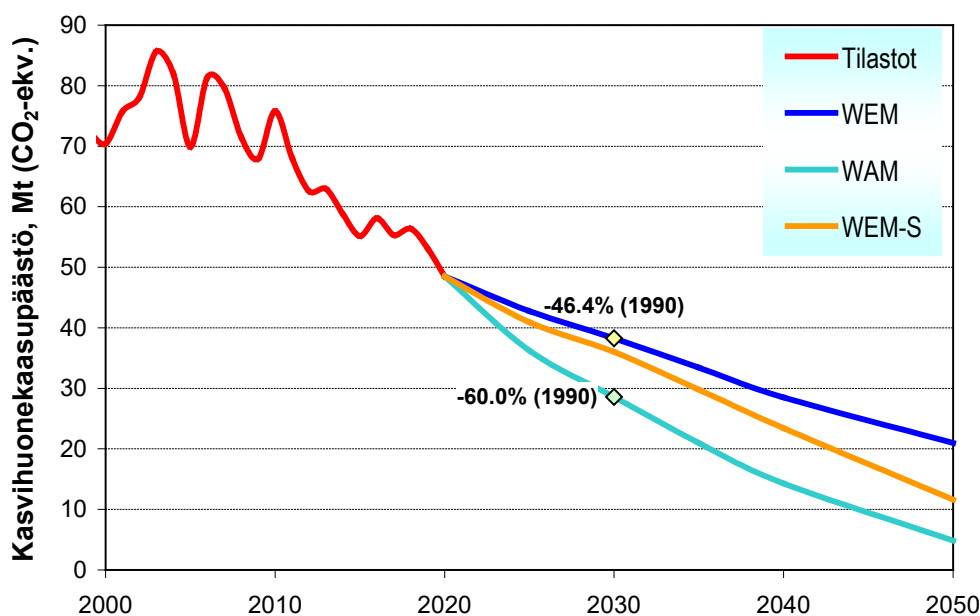
Vuoteen 2035 asti päästönvähennykset painottuvat voimakkaasti energiantuotannon sektorille, pääosin sähkön ja lämmön tuotantoon, joissa tehokkaana taloudellisena ohjaustekijänä on päästökauppa ja siinä määräytyvä päästöoikeuksien hinta. Tuntuvia suhteellisia vähennyksiä saadaan kuitenkin myös rakennusten erillislämmityksessä, jossa energiaverotus on ohjaavana tekijänä, sekä F-kaasupäästöissä, joiden vähennyksiin ohjaavat EU-tason haitallisten aineiden käyttörajoitukset ja standardit. WAM-skenaariossa sekä näiden sektorien että myös liikenteen ja työkoneiden päästöt vähe-

nevät WEM-skenaariota selvästi voimakkaammin. Tässä kannattaa kuitenkin huomata, että WAM-skenaario sisälsi oletuksia lämmityspolttoaineiden veronkorotuksista, joista ei ole hallituksen päätöksiä.

Alla (Kuvio 6) on esitetty KHK-päästöjen kehitys WEM- ja WAM -skenaarioissa sekä herkkyystartastelussa WEM-S, jossa WEM-skenaariion päästöoikeus on korkeampi, eli sama kuin WAM-skenaariossa (ks. Taulukko 1). Seuraavassa kuviossa (Kuvio 7) KHK-päästökehitys on esitetty sektoreittain ja liitteessä 2 on esitetty tarkempi KHK-päästötase käyttäen päästöinventareissa eroteltuja jaotteluja ja lisäksi eroteltuna taakanjako- ja päästökaupasektorin KHK-päästöihin. WEM- ja WAM -skenaarioiden KHK-päästöjen väliseksi eroksi, eli niin sanotuksi päästökulukseksi, mallinnuksessa saatiin:

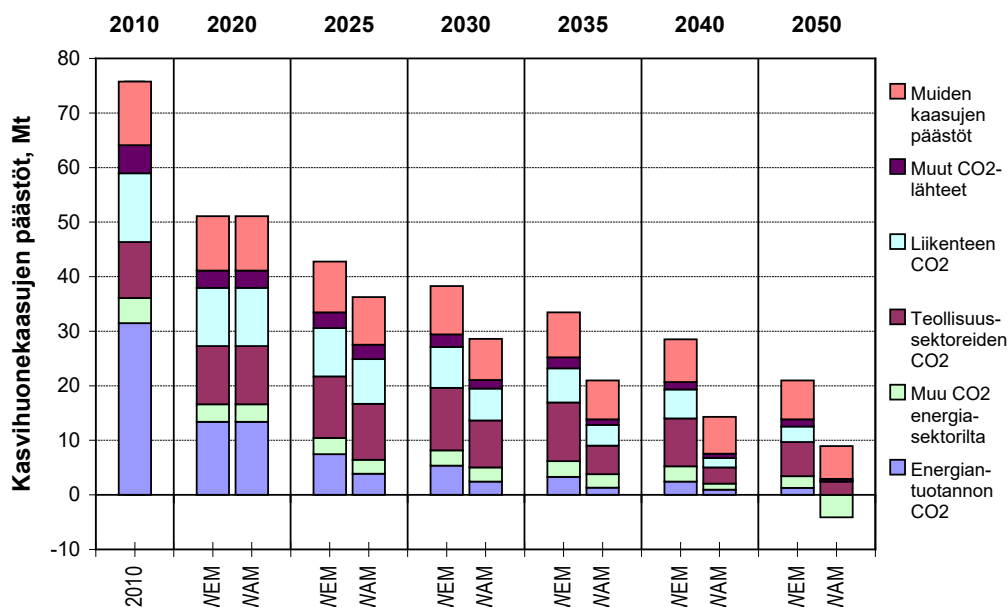
- Kasvihuonekaasupäästöille (pl. LULUCF): 2030 9,7 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.; 2035 12,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.
- Taakanjakosektorille: 2030 5,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.; 2035 5,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

**Kuvio 6.** Kasvihuonekaasupäästöjen kehitykset WEM- ja WAM -skenaarioissa sekä korkeamman päästöoikeuden hintakehityksen herkkyystartastelussa WEM-S.





**Kuvio 7.** Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys WEM- ja WAM -skenaarioissa. Negatiiviset CO<sub>2</sub>-päästöt on tuotettu teknisin keinoin, eli BECCS:n avulla.



Skenaarioiden tulokset osoittavat selvästi, että teollisuussektoreilla hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on huomattavasti hankalampaa kuin energiantuotannossa, siitäkin huolimatta, että suuri osa teollisuuden päästöistä kuuluu päästökaupan piiriin. Toinen keskeinen päästöjen voimakkaiden vähennysten kannalta hankala sektori on maatalous. Liikenteen päästöjen vähennysten kannalta sähköistyminen ja biopolttoaineet ovat avainasemassa vuoteen 2035 asti. Vuoden 2040 jälkeen sähköistyminen ja vetyteknologia, mukaan lukien synteettiset polttoaineet, ovat ne keskeiset teknologiset muutokset, jotka ajavat liikenteen päästöjä perusennustetta selvästi alemmalle tasolle. TIMES-VTT -energiajärjestelmämallinnuksen tulosten perusteella liikenteen KHK-päästöjen puolitus vuonna 2030 ei toteutuisi, mutta WAM-skenaariossa päästään 56 % päästövähennykseen vuoden 2005 päästötasoon verrattuna.

Edellä esitetyt kasvihuonekaasupäästöjen kehitysurat, mukaan lukien taakanjakosektorin KHK-päästökehitykset, kuvaavat sitä päästöuraa, joka pitäisi saavuttaa, jotta kansalliset ja EU:n asettamat KHK-päästötavoitteet saavutetaan. Tämän lisäksi haluttiin myös tarkastella, mitkä ovat eri ilmasto- ja energiapoliittisten toimien vaikutukset KHK-päästöjen vähennyksiin. Päästökauppa- ja taakanjakosektoreille laadittiin siten jatkotarkasteluja, joita verrattiin WEM-S -skenaarioon, jossa päästöoikeuden hinta on oletettu samaksi kuin WAM-skenaariossa.

Jatkotarkasteluissa ei siten asetettu vuosien 2030, 2035, 2040 ja 2050 KHK-päästöta-voitteita mallinnuksen lähtökohdiksi, vaan laskelmissa päästöoikeuden hinta ja oletukset politiikkatoimista ohjaavat KHK-päästökäytystä. Tavoitteena oli arvioida eri ohjaustoimien tai toimenpidekokonaisuuksien vaikutuksia KHK-päästöjen vähentämiseen, kun niitä lisätään yksitellen WEM-S -skenaarion lisätoimiksi. Alla on esitetty jatkotarkasteluiden määrittelyt:

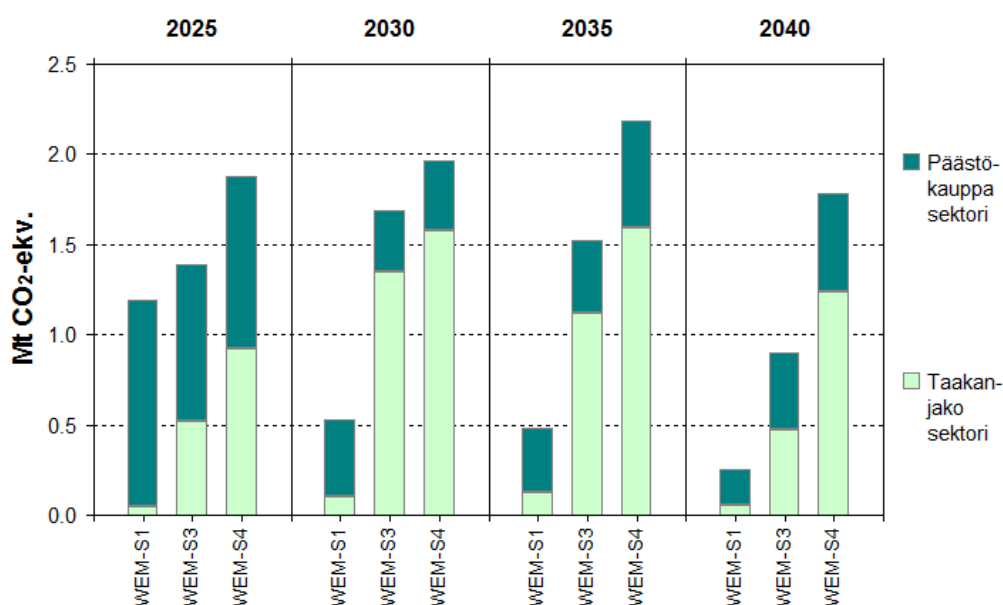
- WEM-S1: Ennen 1.8 päätetyt hallituksen verolinjaukset. Sähkön käytön veroluokka II:n verotaso lasketaan suunnilleen EU-minimiin, 0,063 c/kWh v. 2021. Lisäksi II-veroluokkaan sisällytetään kaukolämpöverkoon lämpöä tuottavat konesalit, lämpöpumput ja sähkökattilat siirretään alempaan sähköveroluokkaan II v. 2022. Energiaintensiivisten yritysten veropalautusten asteittainen poisto ennen vuotta 2025 ml. sähkön käytön valmisteverojen palautukset (2021) ja lämmityspolttoaineiden valmisteverojen palautukset (2021-2024). Työkone- ja lämmityspolttoaineiden energiasisältöveroa korotetaan 2,7 euroa megawattitunnilta (mukaan lukien CHP) ja yhdistetyn tuotannon verotukea pienennetään poistamalla 0,9-laskentasääntö.
- WEM-S2: Rakennusten erillislämmitys – tukitoimenpidekokonaisuus perustuen tehtyihin päätöksiin avustuksista öljylämmityksestä luopumiseksi pientaloissa (ks. Honkatukia, 2021). Ei mallinnettu TIMES:lla erikseen, vaan oletukset öljylämmityksestä luopumiseen on huomioitu WEM-S3-skenaariossa (ks. liite 1).
- WEM-S3: Kevyen polttoöljyn, eli POK:n jakeluvelvoitteen nostaminen 30 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Vaikutukset arvioitu KHK-päästöihin erikseen työkoneiden, rakennusten erillislämmityksen ja muun POK:n käytön osalta.
- WEM-S4: WAM-skenaariossa oletettu maatalouden energiaveron palautus poistetaan. Korotetaan työkone- ja lämmityspolttoaineiden (huom. kaikki käyttö ml. teollisuus ja lämpölaitokset sekä rakennusten erillislämmitys) energiasisältöveroa 10 €/MWh (vrt. WAM-skenaario, liite 1) pois lukien CHP:n verotasot.

Jatkotarkasteluita mallinnettiin TIMES-VTT -järjestelmämallilla sekä FINAGE-kansantalousmallilla, jonka tulokset ovat esitetty osareportissa Honkatukia (2021) sekä alla luvussa 3.2.1. TIMES-VTT -mallinnus ei sisältänyt WEM-S2 -tarkastelua mallinnusteknisistä syistä, vaan öljylämmityksestä luopuminen oletettiin toteutuneen WEM-S3 -tarkastelussa.

Alla (Kuvio 8) on esitetty jatkotarkasteluissa oletettujen toimien vaikutukset KHK-päästöväheneisiin verrattuna WEM-S -skenaarioon ja jaoteltuna päästökauppa- ja taakanjakosektoreille. Kuvioista nähdään, että KHK-päästövähenevät painottuvat päästökauppa- ja taakanjakosektoreille ennen vuotta 2030, jonka jälkeen sähkön tuotanto on jo lähes

fossiilitonta ja myös lämmöntuotannossa ollaan jo luovuttu kivihiilen käytöstä ja myös turpeen käyttö on pienentynyt merkittävästi (ks. Lehtilä ym. 2021). Taakanjakosektorille kohdistetut toimet WEM-S3 ja WEM-S4 -skenaarioissa vähentävät KHK-päästöjä selvimmin vuosina 2030 ja 2035. Taakanjakosektorin KHK-päästöjen kehitystä on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa.

**Kuvio 8.** Kasvihuonekaasupäästöjen lisävähennys WEM-S1-, WEM-S3- ja WEM-S4 -skenaarioissa verrattuna WEM-S -skenaarioon.



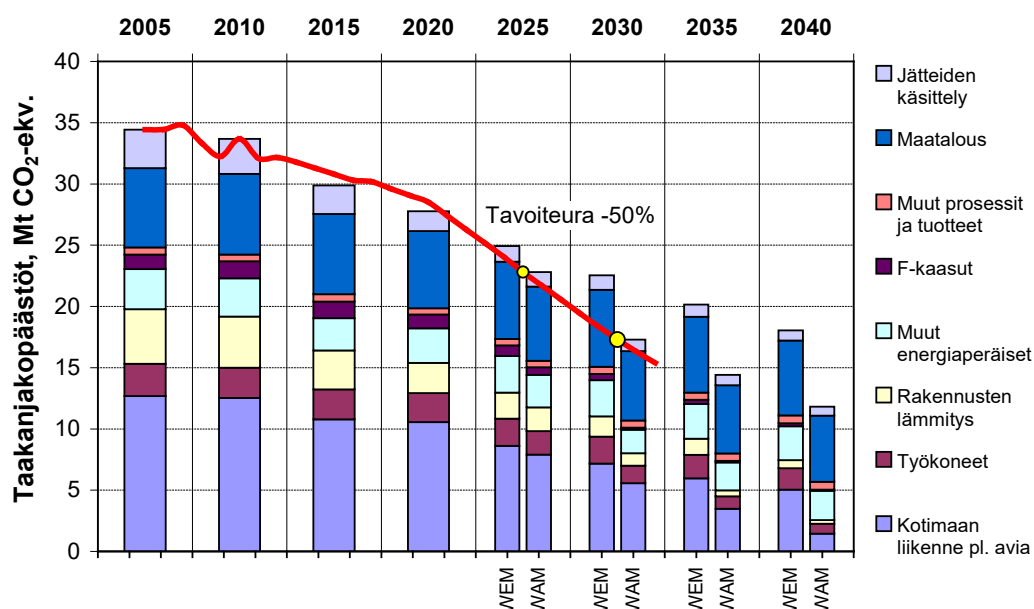
### 3.1.4.2 Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen kehitys

Taakanjakosektorin KHK-päästökehitys on kuvattu tarkemmin alla (Kuvio 9), jonka perusteella voidaan havainnoida EU:n asettamien sitovien KHK-päästövähennystavoitteiden toteutumista vuonna 2030 (ks. luku 1.3). Tavoiteura kuvaa WAM-skenaariossa 50 % päästövähennystavoitetta vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna, joka on asetettu mallinnuksen optimointiongelmaksi (1. malli ratkaisee kustannustehokkaan polun tavoitteen saavuttamiseksi). WEM-skenaariossa päästökehitys on puolestaan mallinnuksen ratkaisema ja päästökehitystä ohjaa WEM-skenaarioon sisällytetyt ohjaustoimet.

Lisäksi taakanjakosektorin päästökehitys on esitetty tarkemmin liitteissä 1 ja 2. WEM- ja WAM-tulosten perusteella voidaan todeta, että WEM-skenaariossa taakanjakosektorin KHK-päästöt ovat vuonna 2030 22,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., kun 39 % tavoite edellyttäisi, että KHK-päästöt ovat vuonna 2030 enintään 21,0 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. WEM- ja WAM-skenaarioiden välinen ero KHK-päästöissä on 5,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., joka kuvaa lisätoimien

tarvetta, jotta Suomi saavuttaisi 50 % päästövähennystavoitteen vuonna 2030. Vuoden 2030 jälkeiselle ajalle EU ei ole määrittänyt taakanjakosektorin tavoitetta, mutta TIMES-VTT -mallitarkasteluissa sen oletettiin kiristyvän vuoden myös vuoden 2030 jälkeen, mutta ei kuitenkaan samassa määrin kuin vuosien 2021-2030 aikana. Kuvio 9 havainnollistaa päästökuilun (i. WEM- ja WAM-skenaarioiden välinen ero) kasvun taakanjakosektorin osalta vuoden 2030 jälkeen. Vuonna 2035 lisätoimien tarve TIMES-VTT -laskelmien mukaan olisi 5,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. ja vuonna 2040 6,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.

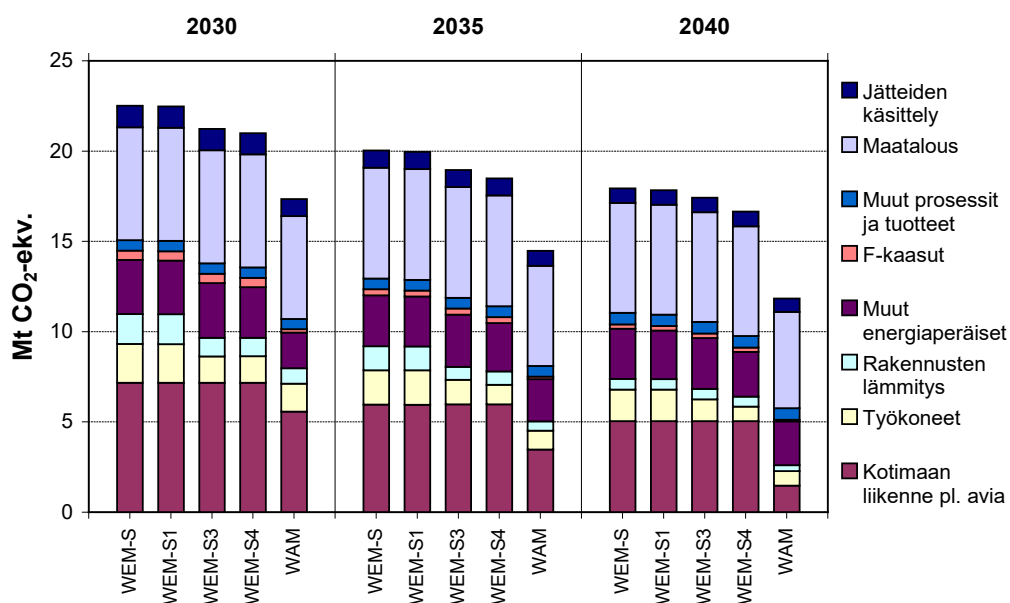
**Kuvio 9.** Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästökehitys WEM- ja WAM- skenaarioissa. F-kaasut: fluorikaasut; avia: lentoliikenne.



Alla (Kuvio 10) on esitetty edellä kuvattujen ohjaustoimien vaikutukset taakanjakosektorin KHK-päästöjen kehitykseen, joita on verrattu WEM-S- ja WAM-skenaarioihin. Kuten edellä esitettiin, hallituksen päätöksillä, jotka oli sisällytetty WEM-S1 -tarkasteluun, on verrattain vähäinen vaikutus taakanjakosektorin KHK-päästöjen lisävähennyksiin (ks. Kuvio 8). Rakennusten öljylämmityksestä luopuminen (WEM-S2) ja bio-POK:n sekoitelvelvoitteen lisääminen (WEM-S3) sen sijaan aikaansaavat reilun 1,3 Mt päästövähennyksen WEM-S-skenaarioon verrattuna. WEM-S4 -tarkasteluun sisällytetyt verolinjaukset, joista ei ole päätöksiä, mutta ovat sisällytetty WAM-skenaarioon, johtavat mallitarkastelun perusteella noin 1,6 Mt KHK-päästöjen lisävähennykseen vuonna 2030-2035 verrattuna WEM-S -skenaarioon. Tässä tulee kuitenkin huomata, että WEM-S4 -tarkasteluun oli sisällytetty maatalouden valmisteveron palautus nykyisen lainsäädännön mukaisesti, jolla aiemman selvityksen mukaan on vaikutuksia KHK-

päästöihin fossiilisista polttoaineista (Koljonen ym. 2019). Verrattaessa WEM-S -skenaarioita WAM-skenaarioon kuitenkin nähdään, että merkittäviä lisätoimia tarvitaan, jotta WAM-skenaariota mukaiset KHK-päästötavoitteet saavutettaisiin.

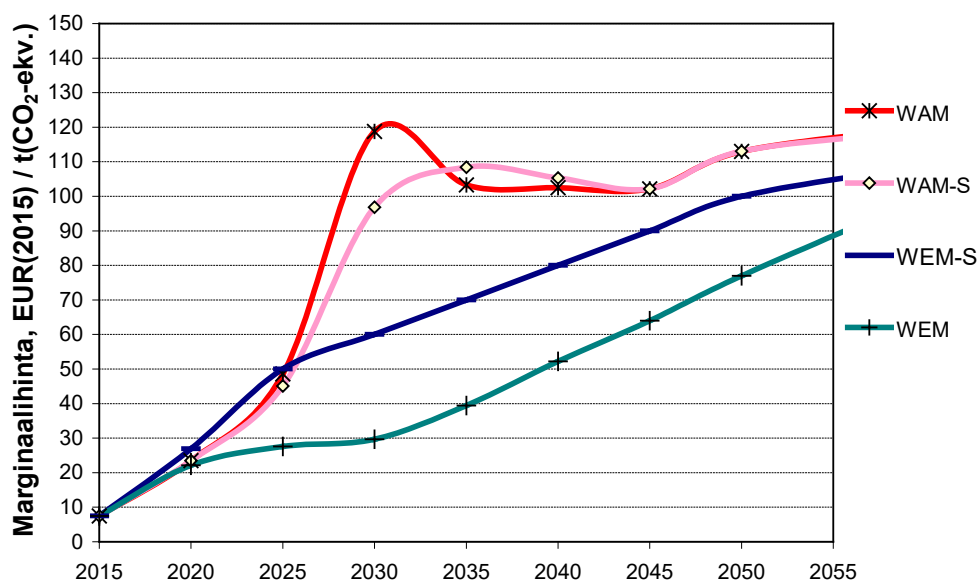
**Kuvio 10.** Taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästökehitys WEM-S-, WEM-S1-, WEM-S3-, WEM-S4- ja WAM -skenaarioissa.



### 3.1.4.3 Päästövähennysten rajakustannusten kehitys

Päästövähennysten kustannustehokkuutta tai suoraa kustannusvaikutusta mitataan yleisesti päästöjen vähentämisen marginaali- (Marginal Abatement Cost, MAC) eli rajakustannuksella tai -hinnalla. Rajahinta kuvaa sitä kustannuksen lisäystä, joka syntyy, kun päästöjä vähennetään yksi yksikkö lisää. WAM-skenaariotulosten mukaan vuoden 2030 60 % päästövähennystavoitteeseen ja 2035 hiilineutraalisuustavoitteeseen saavuttaminen nostaisi rajahintaa selvästi oletetun EU:n päästökaupan hintojen arvioitua kehitystä korkeammalle tasolle. 60 % kokonaistavoite ja 50 % taakanjakosektorin tavoite nostavat kustannuksia vuonna 2030. Joustojen käyttö tasaa kustannusten kasvua, kun tarvittavat investoinnit siirtyvät hieman. WAM-S -skenaariossa on esitetty herkkyytarkastelu, jossa on hyödynnetty täysimääräisenä taakanjakosektorin joustot, jotka olisivat yhteensä 1,15 Mt vuonna 2030. Alla esitetystä kuviosta (Kuvio 11) nähdään, että joustojen hyödyntäminen tasaa kustannusten kasvua, kun tarvittavat investoinnit siirtyvät hieman.

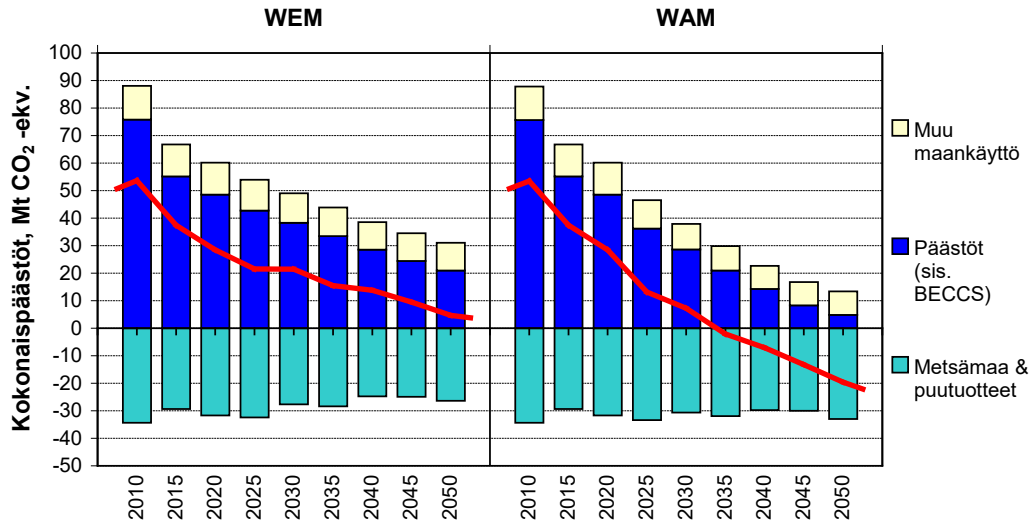
**Kuvio 11.** Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisen rajakustannus WEM- ja WAM -skenaarioissa. WEM-S -herkkyystarkastelussa päästöoikeuden hinta on sama, kuin WAM-skenaariossa. WAM-S -herkkyystarkastelussa on huomioitu taakanjakosetorin jousot.



### 3.1.4.4 Kasvihuonekaasupäästöjen ja poistumien yhteenlaskettu kehitys

Alla (Kuvio 12) on esitetty KHK-päästöjen ja poistumien yhteenlaskettu nettokehitys, kun on huomioitu edellä esitetyt Luke:n arviot LULUCF-sektorin kehityksestä. KHK-päästöjen kanssa yhteenlaskettuna päästöjen ja -poistumien nettomäärä WEM-skenaariossa olisi 15,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2035. Kun tavoitteena on hiilineutraalisuus WAM-skenaariossa vuonna 2035, voidaan todeta, että ns. hiilikuilu LULUCF-sektori huomioiden olisi em. 15,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., joka on 5,8 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. suurempi, kuin luvussa 3.1.4.1 esitetty KHK-päästöjen hiilinielu ilman LULUCF-sektoria.

WAM-skenaariossa nielujen vahvistaminen ja muut tarkastellut WAM-toimet kasvattavat nettonielua noin 23 Mt tasolle ja KHK-päästöt saavuttavat sille asetetun tavoitteen 21 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., joten Suomi olisi päästöjen osalta jo ns. nettonegatiivinen. Kannattaa myös huomata, että TIMES-VTT -mallinnuksessa vuoden 2035 KHK-päästötavoite perustui laskennalliseen LULUCF-sektorin WEM:in, joten vuonna 2035 saavutettuja WAM-skenaariossa -2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. laskennallisia nettopäästöjä ei ole huomioitu esimerkiksi edellä esitetyssä rajakustannustarkastelussa.

**Kuvio 12.** Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kehitykset WEM- ja WAM -skenaarioissa.

## 3.2 Uudet politiikkatoimet ja toimikohtaiset arvioinnit

### 3.2.1 Kansantaloudelliset vaikutusarvioinnit

*Juha Honkatukia, THL*

Kansantaloudellisessa arvioinnissa otetaan lähtökohdaksi TIMES-VTT -mallilla tehtyjen laskelmien tulokset polttoaineiden ja energiantuotannon ja -kulutuksen muutoksista eri sektoreilla sekä ne investoinnit, joita muutoksen toteuttaminen vaatii. Keskeiset lähtökohta-oletukset ovat siten:

- TIMES-VTT -mallin arviot energiantuotannon uusiutumisesta (polttoaineiden käyttö, investoinnit uusiutuvaan energiaan ja ydinvoimaan);
- TIMES-VTT -mallin arviot rakennussektorin ja keskeisten teollisuudenalojen energiankäytön uusiutumisesta (polttoaineet, investoinnit).

Liikenteen osalta arvio käyttää liikenne- ja viestintäministeriön kesällä 2021 päivitettyä liikenteen perusennustetta ja aiemmin julkaistua fossiiliton liikenne tiekarttaa WEM- ja WAM-skenaarioiden muodostamiseen, jossa keskeinen muutos on ajoneuvokannan sähköistyminen jo 2020-luvun kuluessa siten, että WEM-skenaariossa sähköautojen

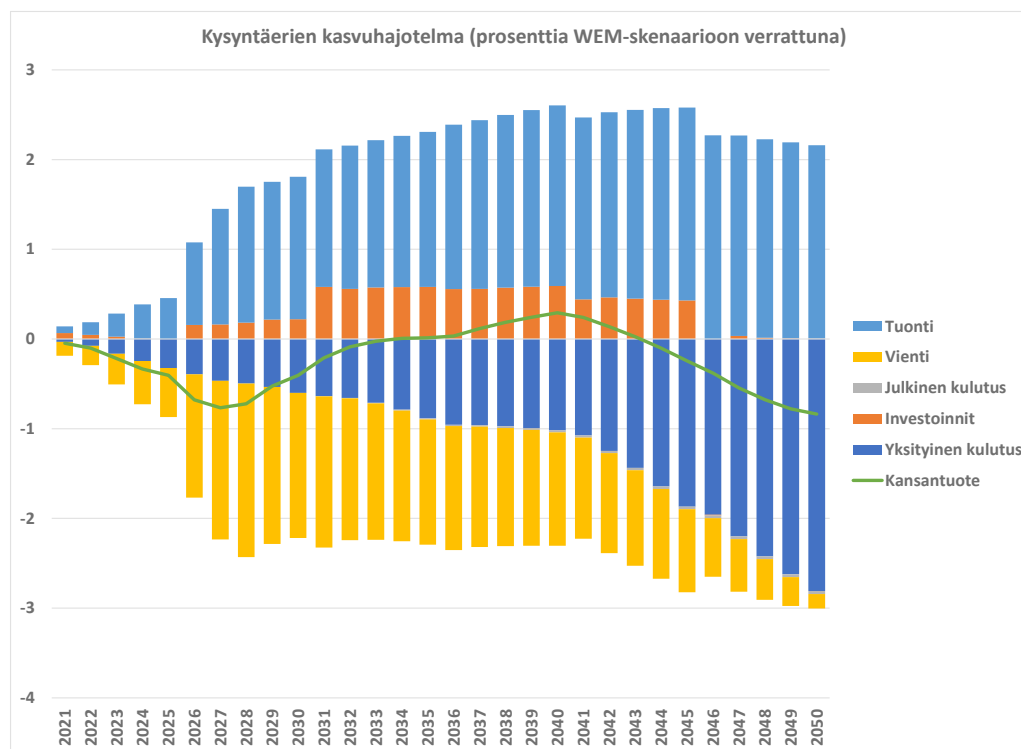
määrä saavuttaa 600 000 vuoteen 2030 mennessä ja WAM-skenaariossa jo vähintään 700 000 (ks. luku 3.1.2.1).

Vaikutukset kansantalouteen syntyvät tarvittavien toimien aiheuttamista lisäkustannuksista, jotka kasvavat päästöjen vähennystavoitteen myötä. Kustannukset kattavat ennen kaikkea lisäinvestoinnit energiateknologiaan sekä KHK-päästöjen vähentämiseen kaikilla energia- ja päästösektoreilla. Toisaalta lisäinvestoinnit uudistavat talouden tuotantorakennetta, josta syntyy merkittävää tehostumista ja myös uusia mahdollisuuksia, kun talous sähköistyy, ja sähkön tuotanto muuttuu lähes päästöttömäksi jo vuonna 2030-2035. Uudet teknologiat ja tuotteet korvaavat fossiilisia myös teollisessa ja energiantuotannossa hyödyntäen raaka-aineinaan myös jäte- ja sivuvirtoja, jolloin tuotannon materiaalitehokkuus kasvaa. Energiankäytön tehokkuus kasvaa kaikilla energiasektoreilla, vaikka yhteiskunnan sähköistyminen näkyy sähkön käytön kasvuna.

Arvioissa ei ole ollut mahdollista kovin kattavasti ottaa huomioon toimenpiteiden käynnistämiseksi tarvittavia taloudellisia kannustimia esimerkiksi investointitukien sekä energia- ja päästöverotuksen osalta. Taloudellisessa tarkastelussa oletetaan, että päästöverotus kiristyy WEM-skenaariossa inflaation mukaisesti. WAM-skenaariossa lisäksi oletettiin lämmityspolttoaineille inflaatiokorotuksen kaksinkertaistuminen ja lisäkorotuksia fossiilisten polttoaineiden käytölle rakennusten erillislämmityksessä ja työ-koneissa (ks. luku 1.3). Inflaatiokorotuksen kaksinkertaistaminen ja edellä mainittu valmisteverojen korotus olivat kuitenkin vaihtoehtoiset, eli skenaariolaskelmissa valmisteverojen korotus on voimassa noin vuoteen 2040 asti, jolloin inflaatiokorotuksen kaksinkertaistaminen saavuttaa valmisteverojen korotuksen tason. TIMES-VTT -mallin skenaariotuloksista on kuitenkin pääteltävissä, että huomattavien päästövähennysten saavuttaminen nopeassa aikataulussa johtaa päästövähennysten rajakustannusten kasvuun huomattavasti EU:n päästöoikeuksien arvioitua hintatasoa korkeammaksi. Tästä syystä on luultavaa, että myös kotimaista päästöverotusta jouduttaisiin selvästi tiukentamaan, jotta syntyisi toimenpiteiden vaatima taloudellinen kannustin. Samoin näyttää selvältä, että monet vaadittavista investoinneista vaatisivat tukea toteutuakseen yhtä nopeassa aikataulussa, kuin mitä TIMES-VTT -mallinnuksessa oli oletettu.

Alla esitettyyn kuvioon (Kuvio 13) on koottu vaikutukset kansantalouteen kansantuotteen kysyntäerien kasvuhajotelmana, joka esittää kunkin kysyntäerän vaikutuksen kasvuun verrattuna WEM-skenaarioon. Vuonna 2022 BKT:n lasku on noin 240 miljoonaa euroa WEM:in verrattuna (markkinahintainen BKT). Kuvioista näkyy, että investoinnit kasvattavat kansantuotetta noin puoli prosenttiyksikköä WEM-skenaarioon verrattuna suuren osan 2020- ja 2040-lukua. Rakennemuutoksen aikana vienti ja kotitalouksien kulutukset laskevat WEM-skenaarioon verrattuna, mikä pienentää niiden kasvuvaiikutusta. Samalla kuitenkin myös tuonti pienenee, mikä puolestaan kasvattaa kansantuotetta.



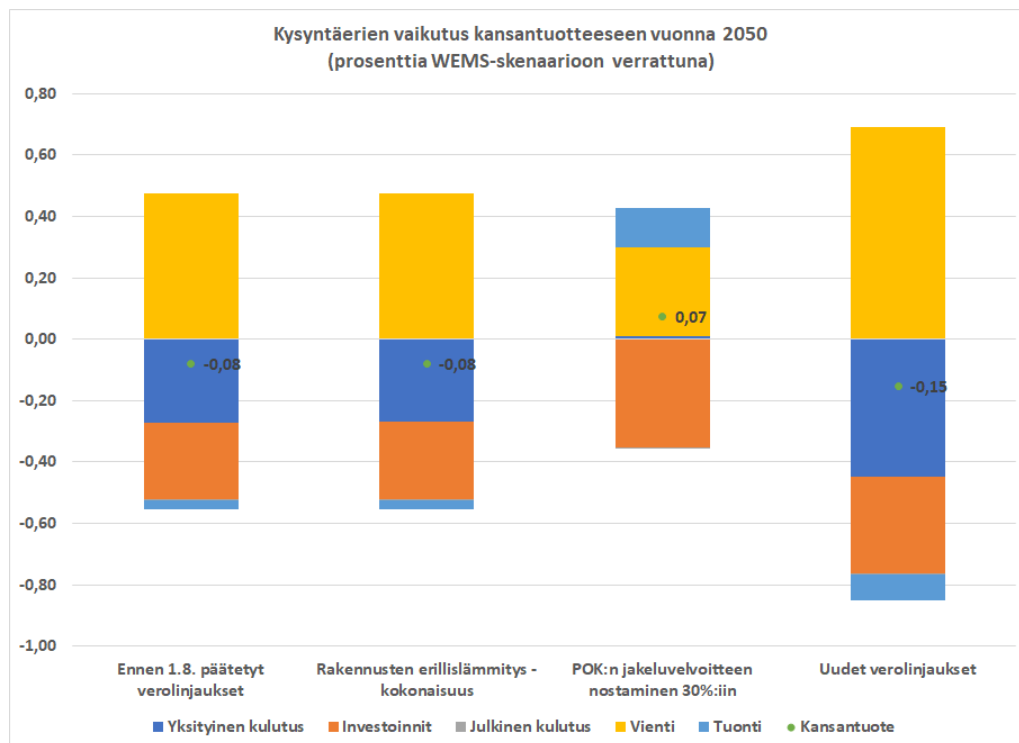
**Kuvio 13.** Kysyntäerien kasvuhajotelma (prosenttia WEM-skenaarioon verrattuna).

Hankkeessa tehtiin myös jatkotarkastelu eräiden toimenpidekokonaisuuksien vaikutuksista KHK-päästöihin (ks. luku 3.1.4.2). Kokonaisuudet koskivat ennen 1.8.2021 päätettyjä verolinjauksia (kokonaisuus S1: sähkövero II alentaminen, energiaveropalautusten poisto pl. maatalous, 2,7 €/MWh veronkorotus lämmityspolttoaineille ja CHP-tuen pienentäminen); rakennusten erillislämmityksen toimenpidekokonaisuus (kokonaisuus S2 öljylämmityksestä luopumisen tuki); kevyen polttoöljyn sekoitelevelvoitteen nosto (kokonaisuus S3 biopolttoaineiden osuuden nosto 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä); sekä uusien verolinjausten kokonaisuus (kokonaisuus S4 maatalouden energiaveropalautuksen poisto ja työkoneiden ja lämmityspolttoaineiden energiasisältöveron korotus). Kansantalouden vaikutusarvioissa tarkasteltiin lisäksi liikenteen toimenpidekokonaisuutta, josta ei laadittu TIMES-VTT -mallitarkastelua.

Kuvioon 14 on koottu jatkotarkastelun toimienpiteiden vaikutukset kansantalouden kasvuun kysyntäerien tarkasteltuna vuonna 2050. Vuoteen 2050 mennessä vaikutukset kotitalouksien kulutuksen ja investointien kautta ovat noin -0,3 prosenttiyksikköä kummastakin kokonaisuudessa S1 ja S2. Kun vienti kuitenkin kasvattaa kansantuotetta noin puolella prosenttiyksiköllä, jää vaikutus kansantuotteeseen -0,08 prosentti WEM-S -skenaarioon verrattuna. Toimenpidekokonaisuudessa S3 POK:n jakeluel-

voitteen nostaminen parantaa kotitalouksien ostovoimaa, koska se laskee polttoaineverotusta. Vaikutus riippuu kuitenkin siitä, millä hinnalla biopolttoöljyä kyetään tuottamaan. Biojalosteiden hinnat perustuvat TIMES-VTT -mallinnukseen ja fossiilisten polttoaineiden osalta lähtötiedot perustuvat EU:n hallintomalliasetukseen (ks. Lehtilä ym. 2021). Jos biojalosteiden hinta on selkeästi fossiilista korkeampi, sekoitteen hiilidioksidiverotuksen lasku ei riitä kompensoimaan polttoaineen kuluttajahinnannousua, mikä lieventäisi tässä kuvattua vaikutusta. Kokonaisuuden S4 verolinjaukset leikkaavat kotitalouksien ostovoimaa myös vuonna 2050, mutta kaikkiaan kansantuote jää silti vain -0,15 prosenttia WEM-S -skenaariota tasosta. Verokertymän palauttaminen kotitalouksille kompensoisi vähintään osan kotitalouksien kulutuksen kautta syntyvästä vaikutuksesta, mutta hintasuhteiden muutoksen vaikutus kulutukseen ja toisaalta myös vientiin toteutuisivat silti. On kuitenkin huomattava, että kotitalouksiin kohdistuu jo tässä tarkastelluissa kokonaisuuksissa myös tukitoimia. Polttoaineiden hintoihin liittyy myös merkittävää epävarmuutta, ja etenkin pitkän aikavälin vaikutuksia on haasteellista arvioida.

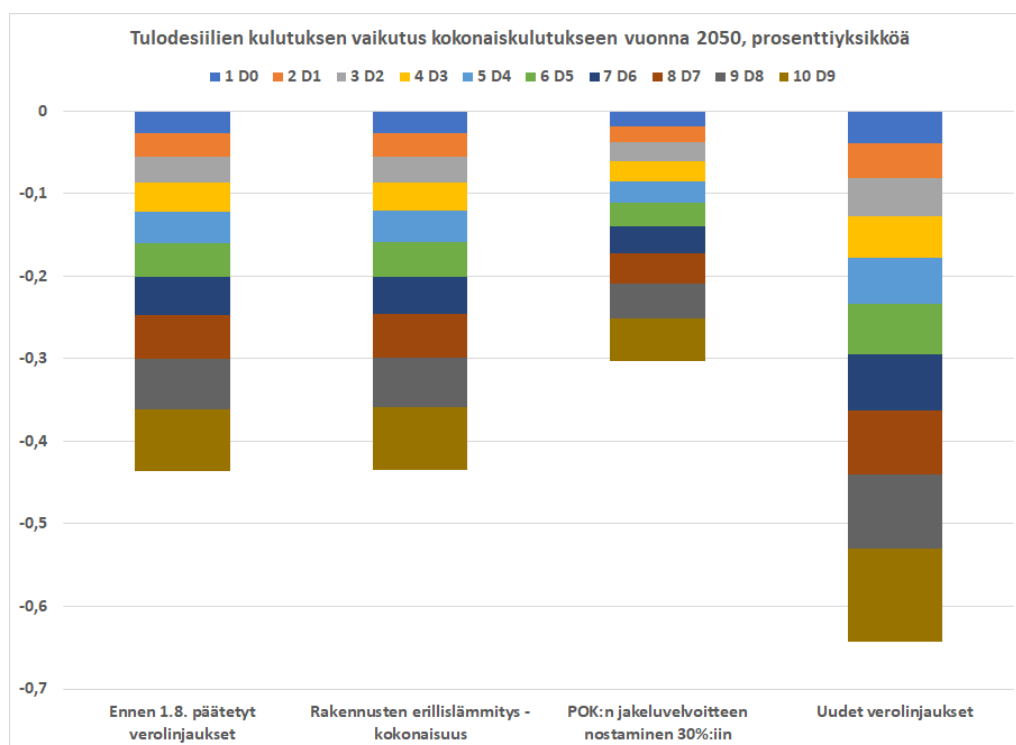
**Kuvio 14.** Kysyntäerien kasvuhajotelma jatkotarkasteluissa S1-S4 (prosenttia WEM-S -skenaarioon verrattuna).



Kuvioon 15 on koottu tulonjakovaikutuksia kuvaava hajotelma, joka kuvaa eri tulo-desiilien vaikutusta kotitalouksien kulutuksen muutokseen. Kuviosta näkyy, että kaksi kolmasosaa vaikutuksista syntyy viiden ylimmän desiilin kulutuksen laskusta. Ylimmän

tulodesiilin kulutuksen laskun kautta syntyy lähes yhtä suuri vaikutus kuin kolmen alimman, ja kahden ylimmän yhteisvaikutus on suurempi kuin neljän alimman.

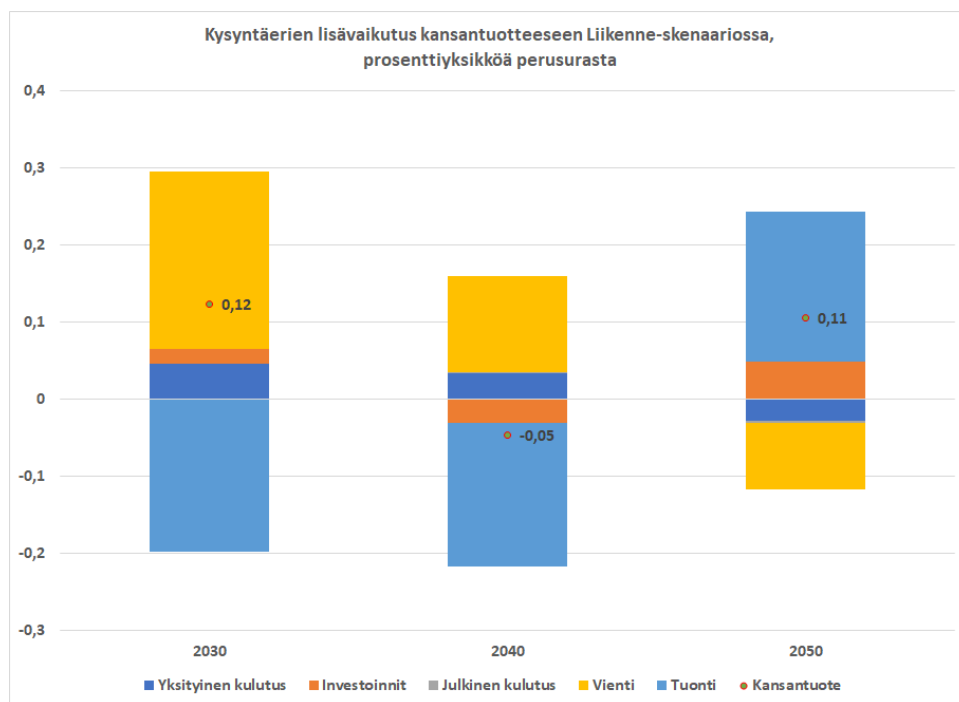
**Kuvio 15.** Tulodesiilien kulutuksen vaikutus kokonaiskulutukseen vuonna 2050 (prosenttia WEM S -skenaarioon verrattuna).



Liikenteen toimenpidekokonaisuus koostui muun muassa autokannan sähköistymisen, julkisen liikenteen ja latausinfra rakentamisen tuista sekä kevyen liikenteen väylien kehittämisestä, joista WAM-skenaariota laadittaessa ei ollut tietoa. Vähäpäästöisiin polttoaineisiin ja sähköistymiseen perustuva liikenteen päästöjen puolittaminen vuoteen 2030 mennessä edellyttää kuitenkin WAM-skenaariossa toteutuvia investointeja energiantuotannossa. Siksi liikenteen kokonaisuutta on luontevaa verrata WAM-skenaarioon. Vertailu on esitetty kuviossa 16, joka kuvaa Liikenne-skenaariion lisävaikutusta WAM-skenaarioon nähden verrattuna WEM-skenaarioon. Kuviosta näkyy, että kansantuote laskee WEM-skenaarioon verrattuna Liikenne-skenaariossa WAM-skenaariota vähemmän vuosiin 2030 ja 2050 mennessä. Kotitalouksien kulutus laskee Liikenne-skenaariossa pitkään vähemmän kuin WAM-skenaariossa, ja siksi sen kasvuvaikeus on aluksi positiivinen. Syynä tähän ovat kotitalouksiin kohdistuvat sähköautojen ja osin myös latausinfrastruktuurin hankinnan tuet. Ulkomaankauppa supistuu WAM-skenaarioon nähden vähemmän, ja siksi sekä viennin että tuonnin vaikutukset ovat suuremmat (tuonnin vaikutus on negatiivinen, kun tuonti on suurempaa). Investointien vaikutus on myös positiivisempi vuoteen 2030 mennessä, mutta 2030-luvulla

se jää pienemmäksi kuin WAM-skenaariossa. Vuoteen 2040 mennessä investointien merkitys taas kasvaa, kun taas kotitalouden vaikutus jää pienemmäksi. 2040 luvulla nettovienti kuitenkin kasvaa, kun muun muassa fossiilisten polttoaineiden tuonti jää pienemmäksi.

**Kuvio 16.** Kysyntäerien lisävaikutus Liikenne-skenaarioissa (prosenttia WEM-skenaarioon verrattuna).



### 3.2.2 LULUCF-sektoriin kohdistuvien politiikkojen ristikkäisvaikutuksista – case metsäsektori

*Olli-Pekka Ruuskanen & Paula Horne, PTT*

**Metsien kasvua edistävien kohdistuvien toimenpiteiden toteutuminen vaatii lisäpanostusta neuvontapalveluihin ja tukiin yksityismetsätaloudessa sekä tutkimustietoon ja osaamisen kehittämiseen.**

PTT:n tutkimuksellinen näkökulma ja kohde erosivat HIISI-hankkeen kokonaisvaltaisesta tarkastelusta. PTT:n osiossa keskityttiin metsäsektoriin ja erityisesti yksityisten

metsänomistajien rooliin ilmastopoliittisten toimenpiteiden kohteina ja toteuttajina. Tarkastelussa hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta, ekonometristä mallinnusta ja sidosryhmähaastatteluja. Päähavainnoksi nousi, että laskemien taustaoletukset ovat realistisia ja metsien kasvua edistävät toimenpiteet ovat toteuttamiskelpoisia, mutta vaativat lisäpanostuksia yksityismetsänomistajien osallistumisen varmistamiseksi.

Yhden sektorin nostamista tarkempaan tarkasteluun osana HIISI-hanketta puolustaa se, että metsien hiilinielun kehitys on keskeisessä roolissa hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamisessa. Metsät ovat suurin maankäyttösektorin hiilinielu Suomessa ja metsäteollisuus on keskeinen toimija sekä hiiltä sitovien ja fossiilisia raaka-aineita korvaavien tuotteidensa että energia- ja raaka-ainekäytöltään. Arvio metsäteollisuuden tuotannon kehityksestä määrittää hakkuutarpeet, jotka toteutuessaan yhdessä metsien kasvun kanssa määrittävät metsien hiilinielujen kehityksen ja vaikuttavat siten osaltaan hiilineutraalisuustavoitteen toteutumiseen.

Yksityisten metsänomistajien suhtautuminen metsien hiilinielua kasvattaviin toimenpiteisiin on tärkeä selvittää, koska LULUCF-sektorin nettonielujen suuruus voi vaihdella suuresti vuosittain hakkuukertymien mukaan.

TIMES-VTT -mallissa talouden toimijoiden optimointi rajoittuu tuottajien ja kuluttajien ylijäämän maksimointiin vain energiajärjestelmän näkökulmasta ja MELA2016 -mallissa hakkuumäärät määräytyvät yksinkertaisen optimoinnin seurauksena. Tämän takia näissä malleissa ei pystytä arvioimaan talousyksiköiden reaktioita. Koska yksittäiset metsänomistajat päättävät suurimmasta osasta puun tarjontaa, tämä ongelma on erityisen vahva metsäsektorin kehitystä kuvaavissa malleissa. Kuten Toppinen ja Kuuluvainen (2010) toteavat, metsäsektoria kuvaavat laskennalliset osittaistasapainomallit kärsivät sekä metsävarantojen kehityksen satunnaistekijöiden että metsänomistajien käyttäytymisen puutteellisesta mallintamisesta. Vaikka mallit ovat heidän mukaansa käyttökelpoisia politiikkatoimenpiteiden arvioimisessa, niin oikeellisuus nojaa pitkälti alla olevin vuorovaikutusten onnistuneeseen kuvaamiseen. Keskeisenä uhkana päästötavoitteiden saavuttamiseksi HIISI-hankkeen Sova-arviossa (Soimakallio ym. 2021) nähdään, että metsien hakkuut kehittyvät HIISI-laskelmia suuremmiksi ja siten hiilinielut jäävät pienemmiksi, kuin mitä Luke on arvioinut LULUCF-mallinnuksessaan (ks. luku 3.1.3). Toisaalta on otettava huomioon, että ilmastonmuutos ja metsänhoitotoimenpiteet lisäävät puuaineksen kasvua, mutta ilmastomuutoksen ääri-ilmiöiden myötä riskit kasvavat.

Suomen metsäteollisuuden puuhoito on pitkälti riippuvainen yksityismetsänomistajien puunmyynneistä. Yli 80 prosenttia Suomessa toimivan metsäteollisuuden käyttämästä raaka-aineesta on 2010-luvulla korjattu kotimaisista yksityismetsistä. Kyselytutkimuksissa tärkeimmäksi puun myyntiin vaikuttavaksi tekijäksi yksityismetsänomistajilla nousevat tilalla olevat hakkuumahdollisuudet, puutavaralajien hinta ja rahantarve.

Erityisesti uusilla metsänomistajilla puun hinta korostuu motiivina puukauppoihin. Puun myymättä jättämisen tärkeimpänä tekijänä on, että metsässä ei ole hakkuumahdollisuuksia, hinta koetaan riittämättömäksi ja rahan tarvetta ei sillä hetkellä ole. (Rämö ym. 2011, Tilli ym. 2009). Pienemmät tilat myyvät enemmän puuta hehtaaria kohti vuosittain kuin isommat tilat, joilla taas on mahdollisuus osallistua puumarkkinoille useammin. Metsäomistajan ikä vähentää kerralla tehtävää puukauppamäärää. Myös muiden tulojen on osoitettu vähentävän tarjontaa. Nykyisen metsänomistajarakenteen muutostrendi on kuitenkin melko hidas ja muutostekijöillä on osittain ristikkäinen vaikutus, siten merkittävää muutosta puun tarjontaan ei ole odotettavissa. Metsien kasvu kuitenkin lisää metsänomistajien tarjontamahdollisuuksia tulevina vuosikymmeninä.

Suomalaiset metsänomistajat mieltävät metsien tärkeyden ilmastonmuutoksen hillinnässä (Koskela ym. 2020). Kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että tärkein kannuste metsänomistajalle osallistua vapaaehtoiseen hiilensidonnan lisäämistä edistävien hankkeiden toteuttamiseen on korvauksen taso. (mm. Markowski-Lindsay ym. 2011, Wade ja Moseley 2011, Miller ym. 2012) Korvauksen lisäksi ilmastonmuutoksen hillintään tähtäävien ohjelmien tai toimenpiteiden houkuttelevuuteen vaikuttavat muutkin tekijät, kuten metsänomistajan taustapiirteet, omistamisen tavoitteet, tilan koko, hanketyyppi, kustannukset, omistusoikeuden varmistaminen ja sopimusehdot (Khanal ym. 2017).

Suomen metsäpolitiikan tavoitteet määritellään Kansallinen metsästrategia 2025:ssä, joka painottaa kokonaisvaltaista kestävästä kehitystä. Myös metsien ilmastokestävyys on strategian keskeinen tavoite. Yhtenä tavoitteena on runsaat ja hyväkasvuiset metsävarat, jotka vastaavat biotalouden lisääntyviin tarpeisiin. Metsäpolitiikalla on pyritty ohjaamaan metsänomistajia toimimaan yhteiskunnan moninaisten tavoitteiden mukaisesti mm. neuvonnan kehittämisellä ja kestävästä metsätalouden rahoituslain (Kamera) mukaisilla tuilla<sup>7</sup>.

HIISI-hankkeessa laskettiin nykyisten politiikkatoimenpiteiden (WEM) pohjalta ja uudet politiikkatoimenpiteet huomioiden (WAM) metsien hiilinielujen kehitysarvio. Metsien puuston kehityksen osalta nämä eroavat vain vähän. Suurin syy siihen on, että metsäteollisuuden tuotantomäärät ja siten runkopuun hakkuumäärät oletetaan samoiksi sekä WEM- että WAM-skenaarioissa. Taimikonhoito tehdään molemmissa skenaarioissa aina kun siihen on metsänhoidollinen tarve. Lisäksi WAM-skenaariossa tarkastellut metsien kasvua lisäävät toimenpiteet ovat metsälannoituksen lisääminen, rehevien korprien yläharvennusten lisääminen ja kunnostusojituksen vähentäminen rehevillä korvilla ja karuilla rämeillä. WAM-skenaariossa vuotuisen kasvun arvioidaan olevan vastaavalla ajanjaksolla 3,4 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin WEM-ske-

<sup>7</sup> <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/kamera-tuet>

naariossa. Lisäksi energiapuun tarjonta on rajoitettu WAM-skenaariossa hakkuutähdehakkeeseen, harvennusten ainespuuksi huonosti sopivaan pienpuuhun sekä rajoitetusti kantomurskeeseen.

Laskelmien mukaan runkopuun vuosittainen hakkuukertymä nousee kauden 2016–2025 vuosittaisesta 71 miljoonasta kuutiometristä kauden 2036–2045 82 miljoonaan kuutiometriin. Saman aikaisesti runkopuun kasvu nousee WEM-skenaariossa kauden 2016–2025 vuosittaisesta 106 miljoonasta kuutiometristä kauden 2036–2045 108 miljoonaan kuutiometriin. (Luke, 2021) Hakkuukertymät kohdistuvat sekä WEM- että WAM -skenaarioissa kasvatushakkuisiin, mutta runsaammin WAM:ssa.

Puuston runkotilavuus nousee alkuvuoden 2016 2,5 miljardista kuutiometristä WEM-skenaariossa 3 miljardiin kuutiometriin ja WAM-skenaariossa 3,1 miljardiin kuutiometriin vuoteen 2046 mennessä eli noin neljänneksen.

Puun tarjonnan tarkastelua varten koottiin havaintoaineistot kuuden eri puutavaralajin kuukausittaisista pystykauppojen hinta- ja määrätiedoista koko maan osalta sekä hinta-alueittain. Aikasarjat kattoivat tiedot vuoden 2016 tammikuusta alkaen, joten havaintoja aikasarjoissa oli yhteensä 65. Keskeisiksi tuloksiksi saatiin, että sekä lyhyen että pitkän aikavälin hintajoustot olivat korkeampia aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Erityisesti tukkipuun joustot lyhyellä aikavälillä olivat pääsääntöisesti korkeampia verrattuna kuitupuulle laskettuihin joustoihin, mikä mahdollisesti selittyy voimakkaamalla hintavaihtelulla. Hintaodotukset olivat pääasiassa alhaisempia kuin lyhyen aikavälin hintajoustot, jolloin myös pitkän aikavälin joustot asettuivat positiivisiksi. Korkotasaalla on ollut vähäinen vaikutus toteutuneisiin puukauppamääriin.

Tämän perusteella voidaan päätellä, että viimeaikaisiin aineistojen perusteella metsänomistajat reagoivat voimakkaammin hintojen muutokseen ja näin puun tarjontaa voidaan kasvattaa lyhyellä aikavälillä hintoja nostamalla. Hintaohjautuvuutta tukee myös metsäomistajien kyselytutkimusten tulokset puusta saatavan hinnan keskeisestä merkityksestä heille. Puuston kasvun nopeutuminen väljentää myös ajan myötä puun tarjonnan keskeistä rajoitetta eli hakkuumahdollisuuksia. Sen sijaan metsänomistajien ikääntyminen, vaurastuminen ja kaupungistuminen ovat tekijöitä, jotka todennäköisesti vähentävät tarjontaa.

Metsäalan toimijoiden haastatteluvastauksissa korostui luottamus WAM-skenaariossa tarkasteltujen metsien kasvua lisäävien toimenpiteiden saavutettavuudesta tietyn edellytyksin, vaikka tavoitteita pidettiin korkeina. Erityisesti lannoitusta pidettiin tehokkaana ja kannattavana toimenpiteenä sekä kivennäis- että turvemilla. Sen sijaan rehevien korprien yläharvennuksen käyttöönotto 30 prosentilla harvennusalasta koettiin olevan haasteellisempi toteuttaa, koska se vaatii ammattitaitoista suunnittelua ja

toteutusta erityisesti vesitalouden ja uudistumisen varmistamisessa. Kunnostusojituksen vähentyminen varsinkin karuilla rämeillä toteutuu jo toimenpiteen kannattamattomuuden vuoksi useilla kohteilla. Haastatteluissa nousi esiin myös uusien ratkaisumallien kuten yksityisen sektorin hiilikompensaatiohankkeiden tarjoamat vaihtoehtoiset tai rinnalla toteutettavat ansaintamahdollisuudet.

Toimenpiteiden toteutuminen asetettujen tavoitteiden mukaisesti nojaa pitkälti kuitenkin metsäammattilaisten osaamiseen ja sitoutumiseen toimenpiteiden edistämiseksi. Pullonkaulana lannoituksen lisäämisessä voi olla myös sopivan kaluston ja osaavan työvoiman puute. Haastateltavat näkivät puumarkkinoiden kehittyvän tasapainossa sekä tarjonnan että kysynnän kasvaessa. Nämä toimenpiteet nähtiin yhdensuuntaisina nykyisten metsäpoliittisten tavoitteiden kanssa ja monitahoista metsäpolitiikkaa tukevinä, jonka yhtenä osa-alueena on hiilinelujen vahvistaminen.

### 3.3 Yhteenveto ja synteesi toimialojen tiekarttojen vaikutuksista ja toteutusta tukevien toimien tarpeesta

*Tiina Koljonen, VTT; Liisa Maanavilja, Luke*

HIISI-hankkeen tehtävänä oli myös analysoida toimialojen vähähiilitiekarttoja tavoitteena hyödyntää WEM- ja WAM-skenaarioanalyseissä mahdollisuuksien mukaan tiekartoissa esitettyjä arvioita siirtymisessä vähähiilisyyteen tai hiilineutraalisuuteen. Tiekartta-analyysi laadittiin syksyllä 2020, jonka jälkeen tiekarttoja on myös jossain määrin päivitetty. Tiekartta-analyysiä tukemaan haastateltiin myös osa toimialoista.

Haastatteluiden perusteella voitiin todeta, että lähtökohtaisesti kaikki haastatellut toimialat ovat kokeneet tiekarttatyön hyödylliseksi. Osalla toimialoista oli jo verrattain vahva tietopohja ja omia henkilöresursseja valmiina tiekartan laadintaan, mutta joillain tiekarttatyö oli ensimmäinen askel tarkastella vähähiilisyyttä koko toimialan näkökulmasta. Osa toimialoista hyödynsi myös konsultti- ja tutkimuspalveluja tukemaan tiekarttatyötä. Tiekarttasynteessin johtopäätöksenä olikin, että eri toimialoilla oli verrattain erilaiset lähtökohdat, tavoitteet, lähestymistapa ja resurssit työn toteutukseen, jonka vuoksi myös tiekarttojen vertailu on haasteellista.

Alla on esitetty yhteenveto energia- ja energiaintensiivisen teollisuuden tiekartoissa esitetyistä KHK-päästövähennyspotentiaaleista. Lisäksi useassa tiekartassa oli myös arvioitu niin sanottua hiilikädenjälkeä, eli suomalaisten yritysten tuottamia KHK-päästövähennyspotentiaaleja Suomen rajojen ulkopuolella. Keskeinen johtopäätös KHK-



päästövähennysarvioihin liittyen oli, että tiekarttojen ilmoittamia KHK-päästövähennyksiä oli hyvin vaikea verrata. Alla esitetyssä taulukossa (Taulukko 9) on vertailtu muutamia toimialoja, joiden osalta vertailu on jollain tasolla mahdollista. Näissäkin päästövähennykset on esitetty perusuraan tai referenssiskenaarioon verrattuna, jotka eivät olleet yhteneväiset tiekarttojen välillä, minkä vuoksi myös alla esitettyihin päästövähennyslukuarvoihin tulee suhtautua varauksella.

KHK-päästövähennyksiä ja niiden potentiaaleja on raportoitu liittyen suoriin KHK-päästöihin (SCOPE 1), epäsuoriin KHK-päästöihin (SCOPE 2) ja myös ns. hiilikädenjälkeen liittyen (SCOPE 3). MTK:n ja SLC:n Lukelta tilaama maatalouden ilmastotiekartta (Lehtonen ym. 2020) on luonteeltaan verrattain erilainen kuin muut tiekartat, joissa lähestytään KHK-päästövähennyksiä teknisin keinoin. Maatalouden ilmastotiekartassa todetaan, että maatalouden päästöistä 75 % on peräisin maaperästä, joten päästövähennystoimenpiteet kohdistetaan pääasiassa pellonkäyttöön, viljelymenetelmiin ja maankäytön muutoksiin. Maatalouden vuotuiset KHK-päästöt ovat noin 16 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. Tiekartan WAM1-ilmastoskenaariossa KHK-päästöt ovat vuonna 2035 29 % (4,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.) pienemmät kuin lähtötilanteessa 2018 ja noin 25 % (-3.7 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.) pienemmät perusuraan verrattuna.

**Taulukko 9.** Yhteenveto energia- ja energiantensiivisen teollisuuden vähähiilitiekarttojen arvioimista päästövähennyspotentiaalista ja hiilikädenjäljestä.

Toimiala	KHK-päästövähennys perusuraan verrattuna	Hiilikädenjälki	Keskeiset haasteet ja ohjaustoimet
Energiateollisuus	0,4 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 (11,5 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 vuoden 2017 tasoon verrattuna) <sup>1)</sup>	Ei arvioitu	Investointitarpeet vs. sähkön markkinanäkymät, CHP:n <sup>1)</sup> rooli
Kemiateollisuus	n. 3 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 <sup>2)</sup>	26 Mt CO <sub>2</sub> ekv./a <sup>2)</sup>	Vähähiilisen ja edullisen sähkön saatavuus
Metsäteollisuus	n. 2 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 <sup>3)</sup>	17.5 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 <sup>3)</sup>	Sähköveron alentaminen, päästökauppa-kompensaatio, puun saatavuus
Teknologia-teollisuus	n. 2 Mt CO <sub>2</sub> ekv. 2035 <sup>4)</sup>	>70 Mt CO <sub>2</sub> ekv. <sup>4)</sup>	Kunnianhimoiset tavoitteet 2040 ja 2050, sähköveron alentaminen, vetystategia

<sup>1)</sup> KHK-päästöt Suomessa 14,3 Mt CO<sub>2</sub>ekv. v. 2017, CHP eli sähkön ja lämmön yhteistuotanto ja sen merkitys toimitusvarmuuden näkökulmasta. Energiateollisuus on päivittänyt lämmityssektorin tiekarttaansa 2021, jota ei ole huomioitu tässä arvioissa.

<sup>2)</sup> KHK-päästöt Suomessa 5,4 Mt CO<sub>2</sub>ekv. v. 2019, hiilikädenjälkiarvio perustuu valikoituihin teknologioihin, josta 5 Mt CO<sub>2</sub>ekv. tulevaisuuden teknologioihin.

<sup>3)</sup> KHK-päästöt Suomessa n. 3 Mt CO<sub>2</sub> ekv. v. 2017, hiilikädenjälkiarvio perustuu arvioon vientituotteiden osalta (16 Mt CO<sub>2</sub>ekv. v. 2017).

<sup>4)</sup> KHK-päästöt Suomessa n. 4,5 Mt CO<sub>2</sub> ekv. v. 2017, hiilikädenjälkiarvio perustuu valikoituihin teknologioihin, josta 50 Mt CO<sub>2</sub>ekv. tulevaisuuden teknologioihin.

### 3.4 Politiikkatoimikokonaisuuksien vaikutusarviot ilmasto- ja energiastrategiaan ja KAISU:un

*Sampo Soimakallio, Mikael Hildén, Johanna Niemistö, Antti Rehunen, Mikko Savolahti, Jyri Seppälä, Päivi Tikkakoski, Syke*

Ilmastotavoitteiden saavuttamisella maailmanlaajuisesti on sekä hyödyllisiä että eräitä kielteisiä SOVA-lain tarkoittamia vaikutuksia ympäristöön ja yhteiskuntaan. Hyödyllisillä vaikutuksilla tarkoitetaan seurauksia, jotka edistävät asetettuja yhteiskunnallisia tavoitteita ja kielteisillä taas seurauksia, jotka vaikeuttavat muiden kuin ilmastotavoitteiden saavuttamista. Ilmaston lisäksi vaikutuksia kohdistuu mm. ilmansaasteisiin, ihmisten terveyteen, luonnonvarojen käyttöön, luonnon monimuotoisuuteen, ja vesistöihin sekä ihmisten elinoloihin. Ympäristövaikutuksia on HIISI-hankkeessa arvioitu pääsääntöisesti laadullisesti vertaamalla WAM-skenaariota WEM-skenaarioon ja joiltain osin myös pohtimalla yleistä kehitystä WEM- ja WAM-skenaariossa suhteessa nykytilaan.

Tunnistettuja merkittävimpiä ympäristövaikutuksia ovat kasvihuonekaasupäästöihin, ilmastonmuutokseen, ilmansaasteisiin, luonnon monimuotoisuuteen, metsien hiilinieluihin ja vesistöihin kohdistuvat vaikutukset. Nämä ympäristövaikutukset ovat yhteydessä ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen ja hyvinvointiin, minkä lisäksi niihin voidaan vaikuttaa ilmasto- ja energiastrategian linjausten tai niitä toimeenpanevien taloudellisten ohjauskeinojen, kuten verojen ja maksujen kautta. Nämä vaikutukset liittyvät kiinteästi myös toimien yleiseen hyväksyttävyyteen, koettuun sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja kokonaiskestävyyteen osana siirtymää kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Osa vaikutuksista ilmenee Suomen rajojen ulkopuolella. Seuraavassa vedetään yhteen tunnistettuja keskeisiä, mahdollisia ympäristövaikutuksia, joita ilmastotavoitteiden saavuttamiseen kytkeytyy ja annetaan suosituksia vaikutusten seurantaan ja riskien hallintaan.

Lähtökohtaisesti ilmastotavoitteiden saavuttamisella arvioidaan olevan myönteisiä ympäristövaikutuksia, kun ilmastonmuutoksen hillinnällä onnistutaan ehkäisemään ilmastonmuutoksen aiheuttamia mittavia, osin peruuttamattomia ja ennalta arvaamattomia vaikutuksia ympäristöön ja yhteiskuntaan. Kasvihuonekaasupäästöjen vähennys saavutetaan WAM-skenaariossa erityisesti voimakkaalla liikenteen ja teollisuuden sähköistymisellä sekä korvaamalla uusiutuvalla energialla ja sähköllä fossiilisten polttoainesten käyttöä eri energiasektoreilla ja teollisuuden raaka-aineena. Kaikkeen infrastruktuurin ja voimantuotannon ja -siirron rakentamiseen sekä mm. sähköautojen ja

biopolttoaineiden tuotantoon ja käyttöön liittyy kuitenkin luonnonvarojen kulutusta, mikä osaltaan vähentää saavutettavia ympäristöhyötyjä.

Ilman epäpuhtauksien määrä vähenee, joskin sekä kotimaisista lähteistä että kaukokulkeuman mukana tulevasta ilmansaasteista aiheutuvat terveysriskit säilyvät edelleen merkittävänä. Suurimpia kotimaisia päästölähteitä ovat puun pienpoltto ja katupöly, joihin nykyiset ilmastotoimet eivät merkittävästi kytkeydy. Liikenteen pakokaasupäästöt ovat jo vähentyneet selvästi ja vähentyvät myös jatkossa, moottoritekniikan kehityksessä. Tästä syystä ajoneuvojen käyttövoiman muutokset tulevaisuudessa eivät vaikuta merkittävästi pakokaasuperäisiin pienhiukkaspäästöihin. Typenoksidien päästöt kuitenkin vähentyvät sähköautojen käytön korvautessa etenkin bensiini- ja dieselautoja. Liikenteen aiheuttamien ilman epäpuhtauksien vaikutus kaupunkien ilmanlaatuun ja ihmisten altistumiseen ilmansaasteille riippuvat viime kädessä ajoneuvosuoritteiden kehitymisestä ja niiden alueellisesta jakautumisesta sekä yhdyskuntarakenteesta.

Pienpoltto on terveyshaittoja aiheuttavien pienhiukkasten ja ilmastoa lämmittävien mustan hiilen ja sekä pienissä määrin myös metaanin päästölähde. Pienpoltton päästöihin voidaan vaikuttaa muun muassa teknisillä standardeilla, innovaatioilla, valistuksella ja kuntien antamalla ohjeistuksella. Pienpoltton arvioidaan vähenevän vuoden 2020 tasosta sekä WEM- (n. 10 %) että WAM-skenaariossa (n. 20 % vuoteen 2040 mennessä). Toteutuessaan tämä vähentäisi pienpoltosta aiheutuvia päästöjä ja niiden haitallisia ympäristö- ja terveysvaikutuksia. Voimalaitosten korkeista piipuista tulevilla päästöillä on vaikutusta erityisesti sekundääristen hiukkasten syntymiseen ilmakehässä. Polttolaitosten merkitystä hengitysilman pienhiukkaspitoisuuksiin ei ole Suomessa mallinnettu kattavasti, mutta energiantuotannon siirtymisellä pois polttoprosesseista olisi oletettavasti suotuista vaikutus ilmanlaatuun ja sen aiheuttamiin terveyshaittoihin.

Uusiutuvan energian käyttö kasvaa sekä WEM- että WAM-skenaariossa merkittävästi, noin 50 % vuoden 2020 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Erityisesti kasvavat tuuli- ja aurinkoenergia, jotka myös selittävät suurimman osan WAM-skenaariossa WEM-skenaariota suuremmasta uusiutuvien energialähteiden käytöstä. Puupolttoaineiden käyttö lisääntyvät sekä WEM- että WAM-skenaariossa vajaan 20 % vuoteen 2050 mennessä, ja WAM-skenaariossa vain hieman WEM-skenaariota suuremmaksi.

Runkopuun kotimaisen hakkuukertymän on arvioitu lisääntyvän sekä WEM- että WAM-skenaariossa vuosien 2016-2025 noin 70 Mm<sup>3</sup>:stä hieman yli 80 Mm<sup>3</sup>:iin kaudella 2036-2045. Hakkuiden lisääntyminen yhdessä hakkuutähteiden korjuun lisääntymisen kanssa pienentävät metsien hiilinielua ja lisäävät riskiä luonnon monimuotoisuuden heikkenemiselle ja haitallisille vesistövaikutuksille verrattuna tilanteeseen, jossa hakkuut eivät lisääntyisi. Nämä vaikutukset riippuvat voimakkaasti siitä, kuinka

paljon hakkuut sekä kantojen ja hakkuutähteiden korjuu puunkäytön lisäyksen seurauksena laajenevat. WEM- ja WAM-skenaarioissa metsähakkeen käytön tuleva kehitys on mallinnettu markkinaehtoisesti ja se on rajoitettu hakkuutähdehakkeeseen, harvennusten ainespuuksi huonosti sopivaan pienpuuhun sekä kantomurskeeseen. Vesistökuormitusta aiheutuu lähinnä hakkuista, lannoituksesta ja kunnostusojituksesta. Monimuotoisuuden heikkenemisen ehkäisyssä oleellisia keinoja ovat kuolleen puuston säästäminen hakkuissa nykyistä paremmin, vanhojen metsien ja arvokkaiden luontokohteiden suojelun edistäminen, puun korjuun välttäminen arvokkailta luontokohteilta, järeiden elävien säästöpuiden lisääminen uudistushakkuissa ja luonnonhoidollinen kulutus.

Maataloudessa eloperäisten maiden nurmipeitteisyyden lisääminen ja kosteikkoviljely vähentävät turpeen hajoamisesta aiheutuvia CO<sub>2</sub>- ja N<sub>2</sub>O-päästöjä sekä kiintoaineen ja myös typen huuhtoutumista vesistöihin. Täsmäviljelyllä ja kerääjäkasvien käytöllä vähennetään typpilannoituksen tarvetta ja siten siihen liittyviä päästöjä ilmaan ja vesistöihin. Lypsylehmien metaanipäästöt vähenevät rehun lisäaineiden avulla. Pellonraivauksen rajoittamisella voidaan vähentää metsäkatoa ja turvemaiden turpeen hajoamista ja siitä aiheutuvia päästöjä. Lisäksi hylättyjen tai huonotuottoisten peltojen metsittämisellä voidaan lisätä jonkin verran hiilinielua, mutta metsittäminen vähentää samalla avoimien alueiden lajitojen elinympäristöjä ja muuttaa maisemaa. Biokaasun tuotannon lisääminen biojätteistä mahdollistaa niiden mätänemisestä syntyvien päästöjen välttämisen sekä ravinteiden kierrätyksen, joka vähentää päästöjä rajoittamalla tarvetta valmistaa uusia lannoitteita. Maataloudessa biokaasun tuotanto tehostaa maatalouden lantalogistiikkaa ja ravinnekiertoa ja voi siten välillisesti vähentää pellon raivausta ja siitä syntyviä päästöjä ilmaan ja vesistöihin.

Uusiutuvien energialähteiden, erityisesti tuuli- ja aurinkoenergian, käytön lisäys vähentää ilmansaasteita, mutta kasvattaa harvinaisten tai kriittisten mineraalien käyttöä ja lisää paineita lisätä kaivannaisteollisuutta. Aurinkopaneelien kehitys on kuitenkin nopeaa ja jatkossa paneeleissa käytettävät metallit voivat olla yleisempiä raaka-aineita.

HIISI-hankkeessa laadittujen kansantalousarvioiden mukaan työllisyys kasvaisi niillä alueilla, joille investoinnit, rakentaminen ja raaka-aineiden hankinta kohdistuvat ja sitä kautta parantavat ihmisten hyvinvointia näillä alueilla. Kansantaloudelliset vaikutukset riippuvat kuitenkin muun muassa siitä, miten ilmastotavoitteiden savuttamiseksi tarvittavat ohjaukskeinot ja sääntely toteutetaan ja miten toteutus vaikuttaa muihin kotimaisiin investointeihin, alueelliseen työllisyyteen, vientiin ja kotitalouksien ostovoimaan.

Rakentamiseen ja maankäyttöön liittyvä sääntely vaikuttaa suoraan elinoloihin. Esimerkiksi vanhan rakennuskannan energiakorjausten tarve on suuri. Toteutuksessa

voidaan ratkaista osa nykyisistä sisäilmaongelmista, mutta samalla tulee varmistaa, että korjaukset eivät aiheuta uusia sisäilmariskejä.

Julkisen ja kevyen liikenteen lisääntymiset ja niitä seuraava henkilöautoliikennesuoritteiden vähentyminen sekä toisaalta sähköautokannan lisääntyminen aikaansaavat myönteisiä terveys- ja viihtyvyysvaikutuksia. Sähköautot vähentävät meluhaittaa ja ilmansaasteita. Liikennesuoritteiden vähentyminen puolestaan vähentää katupölypäästöjä, ja kävellen ja polkupyörällä tehdyt matkat lisäävät väestön fyysistä aktiivisuutta, mikä johtaa monipuolisiin terveyshyötyihin. Samalla tulee kiinnittää huomiota siihen, että tarvittavien ohjauskeinojen ja sääntelyn toimeenpano saattavat paikallisesti lisätä viheralueisiin kohdistuvia paineita tai altistumista melulle ja ilmansaasteille hyvin tiiviin yhdyskuntarakenteen alueilla. Suunnittelu, käytännön toteutus sekä yleinen tekninen kehitys määrittävät suurelta osin näiden vaikutusten merkittävyyden.

Vuoden 2030 ja sen jälkeiset kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteet ovat verrattain vaativat aiempiin päästövähennysvaatimuksiin nähden, ja tavoitteisiin pääsemiseksi tarvittavilla toimilla saattaa olla merkittäviä ihmisten yleisiin elinoloihin kohdistuvia vaikutuksia. Osa toimista kannustaa innovaatioihin, jotka voivat tarjota uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja työpaikkoja. Myös kuluttajien asema voi muuttua. Vaikka uuden teknologian käyttöönotto voi säästää energiankäyttöä ilman kuluttajien aktiivista roolia, monet linjaukset edellyttävät kansalaisilta uudenlaista toimijuutta muuttuvissa elinoloissa. Tarvittavien toimien täytäntöönpano voi kasvattaa tuloerojen ja alueellisten erojen merkitystä esimerkiksi energian hinnan noustessa, ellei oikeudenmukaista siirtymää pystytä huomioimaan riittävästi toimien täytäntöönpanossa.

Ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan useita eri toimia, jotka vaikuttavat myös toisiinsa. Lisäksi ilmasto- ja energiastrategian toimeenpanolla on dynaamisia vaikutuksia, joiden seurauksena nousee esiin sekä uusia ratkaisuja että esteitä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Näillä on edelleen erilaisia uusia, sekä myönteisiä että kielteisiä ympäristövaikutuksia. Tunnistamalla ja ottamalla huomioon eri ympäristövaikutusten väliset kytkennät on mahdollista saavuttaa synergiahyötyjä haitallisia vaikutuksia vähennettäessä. Yleinen (globaali) taloudellinen kehitys sekä mm. energian eri tuotantotapoihin kohdistuva tukipolitiikka muuttuvat jatkuvasti. Talouteen ja teknologioihin liittyviä kehitys voi muuttua nopeastikin, mikä lisää vaikutusarvioiden epävarmuutta. Myös ilmastomuutoksen vaikutusten voimistuminen voi vaikeuttaa hillintätoimien toteutusta esim. ekosysteemien heikentymisen myötä sekä erilaisten energian tai raaka-aineiden toimitusketjuihin kohdistuvien häiriöiden kautta, jotka voivat lisätä kustannuksia ja toimintaympäristön epävakautta.

Jokainen yksittäinen WEM- ja WAM -skenaarioiden laadinnassa tehty oletus voi käytännössä toteutua toisin ja niin myös todennäköisimmin tapahtuukin. Tunnistettuja

merkittävimpiä riskejä ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta ovat maankäyttösektorin hiilinieluihin, ydinvoimaan, uusiutuvan energian käytön lisäämiseen, hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin, teollisen tuotannon kehitykseen, energian käytön tehostumiseen ja vähentymiseen, ihmisten käyttäytymiseen ja kulutukseen, markkinoihin, sekä tarvittavien ohjauskeinojen ja sääntelyn täytäntöönpanoon liittyvät oletukset. Tämän takia on olennaista seurata ennakoitujen (ja vielä ennakoimattomien) vaikutusten kehittymistä, jotta ymmärrettäisiin paremmin havaittua kehitystä ja tunnistettaisiin ne alueet, joilla on perusteltua muuttaa tai tarkentaa linjauksia. Tämä edellyttää johdonmukaista tiedon keruuta linjausten toimeenpanosta sekä seurausten säännöllistä arviointia.

## 4 Kestävä ja oikeudenmukainen siirtymä hiilineutraaliin yhteiskuntaan – synteesi ja suositukset

*Tiina Koljonen & Lassi Similä, VTT; Juha Honkatukia, THL; Sampo Soimakallio, Syke; Heikki Lehtonen, Luke*

HIISI-hankkeen tavoitteena on ollut tuottaa riittävän laaja-alainen ja monitieteellinen arvio Suomen kestävästä siirtymästä hiilineutraalisuuteen vuoteen 2035 mennessä sekä arvioida hiilineutraalisuustavoitteen saavuttamiseen liittyviä vaikutuksia valmis-teilla olevan ilmasto- ja energiastrategian sekä keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman, eli KAISU:n, näkökulmista. Päähuomio HIISI-hankkeessa laadituissa skenaariotarkasteluissa liittyi hiilineutraalisuustavoitteen lisäksi EU:n vuodelle 2030 asettamien ilmasto- ja energiatavoitteiden täyttämiseen, joiden osalta komissio julkaisi laajan säädösehdotuspaketin (I. vihreän siirtymän valmiuspaketti, eli 55-valmiuspaketti tai FitFor55-paketti) heinäkuussa 2021. Tämän raportin luvussa 2 esitettiin hiilineutraalisuustavoitteeseen ja sen saavuttamiseen liittyviä vahvuuksia, mahdollisuuksia, riskejä ja uhkia, eli niin sanottu SWOT-analyysi. Luvussa 3 pyrittiin esittämään tiivis yhteenveto hankkeen eri osakokonaisuuksien keskeisistä tuloksista, mukaan lukien laskennalliset ja laadulliset analyysit. Kaikista osakokonaisuuksista on lisäksi laadittu erilliset VN-TEAS -raportit (Honkatukia 2021; Lehtilä ym. 2021; Maanavilja ym. 2021; Ruuskanen ym. 2021; Soimakallio ym. 2021).

Kaikkien HIISI-analyysien selkeä lopputulema oli, että tarvitsemme vaikuttavaa ja johdonmukaista ilmasto- ja energiapolitiikka tukemaan kestävästä siirtymästä hiilineutraaliin yhteiskuntaan. Nykytoimilla Suomi ei tule saavuttamaan keskipitkän aikavälin, eli vuosille 2030 ja 2035 asetettuja ilmastotavoitteita, vaan tarvitsemme lisätoimia kaikilla päästösektoreilla sekä LULUCF-sektorilla. HIISI-tilaisuuksiin osallistuneiden asiantuntijoiden (yli sata henkilöä) mielestä hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen on kuitenkin mahdollista, vaikka se edellyttää ponnisteluja. Toimialojen laatimat vähähiilitiekartat osoittavat myös vahvaa sitoutumista ja yhteistä tahtotilaa tavoitteen saavuttamiseen. Toimialat näkevät hiilineutraalisuuden myös mahdollistajana uudelle liiketoiminnalle ja/tai viennin kasvulle.

HIISI-hankkeen laskennalliset vaikutusarviot laadittiin vuosien 2020-21 aikana siten, että laskelmien lopulliset tulokset olivat valmiina 31.8.2021 ja ne toimitettiin ilmasto- ja energiapolitiittisen ministerityöryhmän taustamateriaaliksi hallituksen syyskuun 2021

budjettiriiheen. WAM-skenaarioon sisällytetyt politiikka- ja ohjaustoimet eivät kaikilta osin noudata hallituksen syyskuun 2021 budjettiriihessä tehtyjä päätöksiä. Myös EU:n uusi ilmasto- ja energiasäädöskokonaisuus on vasta luonnosvaiheessa ja sisältää monia epävarmuustekijöitä, joita HIISI-laskelmissa ei ole voitu huomioida. On siten selvää, että ilmasto- ja energiapolitiikkakokonaisuuksia, toimien riittävyyttä ja niiden vaikutuksia tulee uudelleen arvioida viimeistään siinä vaiheessa, kun myös EU:n ilmasto- ja energialinjaukset ovat täsmentyneet. Alla on esitetty HIISI-hankkeessa tarkasteltujen ohjaustoimien vaikuttavuutta ilmasto- ja energiastrategian sekä KAISU:n näkökulmasta. Lopuksi on esitetty näkemyksiä liittyen sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatio (TKI) -tarpeisiin ja ympäristövaikutuksiin.

## 4.1 Poliitiikka- ja ohjaustoimien vaikuttavuus

Kestävä ja oikeudenmukainen siirtymä kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa vaatii sekä monitieteellistä ja laaja-alaista tutkimusta että kohdennettua sektori- tai kapean osa-alueen syvällisempää analyysiä. HIISI-hankkeessa politiikkatoimien vaikuttavuutta tarkasteltiin lähinnä ilmasto- ja energiapolitiikkakokonaisuuden näkökulmasta. Lisäksi laadittiin tarkasteluja, jossa arvioitiin valikoitujen ohjaustoimien vaikuttavuutta KHK-päästöjen kehityksiin sekä kustannuksiin. Jatkossa olisi tarpeen tarkastella laajemmin yksittäisten toimien vaikuttavuutta päästöjen vähentämisessä sekä kestävässä siirtymässä hiilineutraalisuuteen kattaen sekä menneiden päätösten analyysin (ex-post) että arviot uusien päätösten vaikuttavuudesta (ex-ante). Esimerkiksi energiahyödykkeiden valmisteverot muodostavat kokonaisuuden, jolloin veromuutoksia tulisi myös tarkastella kokonaisuuden näkökulmasta. Energiatehokkuus on toinen kokonaisuus, joka vaatisi poikkileikkaavan tarkastelun, joka kattaa eri energiasektorit.

Siirtyminen hiilineutraaliin yhteiskuntaan vaatii yhteiskunnallista rakennemuutosta ja erityisenä haasteena on fyysisen infrastruktuurin uusiutumisen hitaus. Lisäksi investoinnit ovat usein suuria vaatien merkittävää yksityistä ja julkista rahoitusta. Sekä WEM- että WAM -skenaariossa monien investointien oletettiin tapahtuvan markkinaehtoisesti tai olettaen, että esimerkiksi WAM-skenaariotaustalla olevat säädös-, laki- tai direktiiviehdotusten määrittämät tavoitteet toteutuvat tarvittavin investoinnein kyseisten skenaarioiden määrittämässä toimintaympäristössä. Erilaisten tukitoimien ja julkisten panosten vaikuttavuutta infrastruktuurin uusiutumiseen ja siten päästöjen vähentämiseen on kuitenkin haasteellista arvioida elleivät tuet ole riittävän suuret ja kohdistu suoraan investointeihin kotitalouksissa ja yrityksissä tai tietyissä laitoksissa. On siten tärkeää, että Sanna Marinin ja myös seuraavien hallitusten ilmasto- ja energiapolitiittisia päätöksiä ryhdyttäisiin tarkastelemaan riittävän laaja-alaisesti ja yhdistämällä



eri teoreettisia lähestymistapoja. Alla on esitetty yhteenveto joihinkin näkökulmiin ohjaustoimien vaikuttavuudesta ilmasto- ja energiastrategian sekä KAISU:n näkökulmista.

### 4.1.1 Ohjaustoimien vaikuttavuus ilmasto- ja energiastrategian näkökulmasta

Päästökauppasektorin suurimmat KHK-päästöt aiheuttavat energiantuotanto ja energiantensiivinen teollisuus. HIISI-tulosten perusteella energiantuotannon KHK-päästöt vähenevät merkittävästi vuoteen 2030-2035 mennessä jo nykytoimin, kun kivihiilenkäytöstä luovutaan ja turpeen käyttö alenee merkittävästi ennen vuotta 2030. Samalla tuulienergian ja muun uusiutuvan osuudet kasvavat energiantuotannossa. Suurimmat epävarmuudet kohdistuvat siten energiantensiiviseen teollisuuteen, joiden tulisi toteuttaa merkittävät investoinnit ennen vuotta 2035. Esimerkkejä ovat investoinnit vetyyn terästeollisuudessa sekä mineraaliöljynjalostuksessa, joiden oletettiin tapahtuvan WAM-skenaariossa markkinaehtoisesti. WAM-skenaariossa toteutui lisäksi investoinnit hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin (l. CCS) mineraaliöljynjalostuksessa, sementintuotannossa sekä bioenergian ja biojalosteiden tuotannossa vuoden 2035 tienoilla. Jälkimmäinen tuottaa ns. negatiivisia päästövähennyksiä, jotka eivät toistaiseksi ole sisällytetyt kansalliseen tai EU-tason ilmastopolitiikkaan.

Mikäli esimerkiksi teollisuuden investoinnit eivät toteutuisi, merkitsisi se merkittävää lisähaastetta KHK-päästöjen vähentämiselle, kun päästövähennykset tulisi toteuttaa muilla sektoreilla ja/tai vahvistamalla LULUCF-sektorin nettonieluja. TIMES-VTT -mallinnuksen mukaan energiajärjestelmäinvestoinnit olisivat WEM-skenaariossa noin 33 miljardia euroa vuosina 2026-2030 ja noin 42 miljardia euroa vuosina 2031-2035. Investointitarpeet WAM-skenaariossa olisivat vastaavilla viisivuotisperiodeilla noin 37 ja 51 miljardia euroa (Lehtilä ym. 2021). Suuri osa näistä investoinneista kohdistuu teollisuuteen ja olisi siten erityisen tärkeää arvioida, minkälaisia vaikutuksia esitetyillä oletuksilla on niin sanottuun päästökuiluun erityisesti vuosina 2030 ja 2035, mikäli investoinnit eivät toteutuisi skenaario-oletusten mukaisesti.

#### 4.1.1.1 Energiaturvallisuus

Energiaturvallisuus tarkoittaa kansainvälisen energiajärjestö IEA:n määritelmän mukaan energian jatkuvaa saatavuutta edulliseen hintaan<sup>8</sup>. Energiaturvallisuus on määriteltävä yhdeksi EU:n energiaunionin viidestä ulottuvuudesta, mikä on ylläpitänyt mielenkiintoa aihepiirin tarkasteluihin viime vuosina. Energiaturvallisuus voidaan jakaa ly-

<sup>8</sup> Käännös: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/105416/1554200473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

hyen ja pitkän aikavälin tarkasteluihin, ja energiaturvallisuutta esittelevällä EU:n komission sivustolla käsite jaotellaankin moninaisten teemojen alle. Näitä ovat mm. kaasun toimitusten varmuus, monipuoliset kaasun ja öljyn hankintalähteet, öljyn ja kaasun tuotannon turvallisuus ja etsinnän ja tuotannon luvitus, EU:n öljyvarastot, sähkön-toimitusten luotettavuus, kriittisten infrastruktuurin ja kyberturvallisuuden teemoja sekä energian saatavuuden turvaamiseksi pandemioiden aikana<sup>9</sup>. EU:lle toimitettavan Suomen yhdenmety energia- ja ilmastosuunnitelma (NECP) sisältää Suomen kansalliset tavoitteet ja niihin liittyvät politiikkatoimet EU:n 2030 energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi (TEM, 2019), ja yhtenä osa-alueena se käsittelee energiaturvallisuuspilarin tavoitteita ja toteutettuja politiikkatoimenpiteitä. Suomen näkökulmasta energiaturvallisuuden alla keskeisinä dimensioina tarkasteltiin mm. sähkön tuotannon kapasiteetin riittävyttä kulutushuipputuntien aikana, eri polttoaineiden omavaraisuutta energiantuotannossa ja niiden saatavuutta monipuolisista lähteistä, sähkö- ja biokaasukäyttöisten autojen lisääntymistä sekä sähkön kuluttajahintoja.

Ilmasto- ja energiapolitiikan vaikutuksia energiaturvallisuuteen voidaan arvioida HIISI-hankkeen TIMES-VTT -mallinnustulosten perusteella ja tyypillisten energiaomavaraisuutta kuvaavien tunnuslukujen avulla. Uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta WAM-skenaariossa kohoaa nykyisestä n. 45 %:n tasosta yli 60 %:n jo 2030, ja energiaomavaraisuus nykyisestä 50 %:sta yli 70 %:in 2030-luvulla. Koska merkittävä osuus uusiutuvasta energiasta on peräisin kotimaisista lähteistä, tällä on myös energiaturvallisuutta palveleva vaikutus. Sähkön tuonti WAM-skenaariossa on vuonna 2030 enimmillään noin 8 TWh:ia (8,1 %) kokonaiskulutuksesta, jonka jälkeen uusiutuvien energialähteiden käytön kasvu ja uusi ydinvoima kasvattavat energiaomavaraisuutta. Vertailun vuoksi vuosien 2018-2019 tilastojen (Tilastokeskus, 2021) mukaan toteutunut sähkön nettotuonnin osuus kokonaiskulutuksesta on ollut n. 20 TWh:n (23 %:n) tasolla. Toisaalta sääriippuvaisesti vaihtelevan tuuli- ja aurinkosähkön osuus kasvaa WAM-skenaariossa varsin merkittävästi, noin 8 TWh:n nykytasosta yli 50 TWh:iin (yli 45 %) vuoteen 2050 mennessä, aiheuttaen omat vaatimuksensa toimitusvarman sähköjärjestelmän suunnitteluun ja operointiin. Liikennesektorin, joka nykyisellään nojaa vahvasti tuontipolttoaineisiin, siirtyminen sähköön, biopolttoaineisiin, synteettisiin polttoaineisiin ja biokaasuun pienentää tuontipolttoaineiden osuutta sektorilla oleellisesti, eli noin 30 %:iin vuonna 2040. WAM-skenaariossa fossiilisen bensiinin käyttö loppuu vuoden 2035 jälkeen ja fossiilisen dieselin vuoden 2040 jälkeen. Uuden teknologian käyttöönotossa energian siirto- ja jakeluinfrastruktuurissa ja tuotannossa on nähtävissä myös energiaturvallisuuteen vaikuttavia mahdollisia riskejä, joista voidaan mainita ainakin vaihtelevaan uusiutuvaan sähköön, bioenergian hankin-

<sup>9</sup> [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-security\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-security_en)

taan ja raaka-aineiden saatavuuteen liittyvät riskit. Teollisuussektorilla eräänä erityiskysymyksenä voidaan mainita hiilen korvaamiseksi teräksentuotannossa tarvittava vedyn hankinnan toteutus 2030-luvulta alkaen.

HIISI-tulosten perusteella irtautuminen fossiilisista tuontipolttoaineista lisää siten Suomen energiaturvallisuutta, mutta nopeasti kasvava riippuvuus vaihtelevasta, sääriippuvasta energiantuotannosta luo kasvavia riskejä esimerkiksi sähkön toimitusvarmuuteen, joka voi luoda uusia haasteita energijärjestelmän sähköistymisen myötä. Epäilemättä energian hintoihin liittyy myös kasvava hintariski. Epävarmuutta luo esimerkiksi komission uusi hiilirajamekanismi, joka toteutuessaan vaikuttaisi esimerkiksi Venäjältä tuodun sähkön hintaan. Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutuksia energiaturvallisuuteen olisikin syytä tarkastella laajemmin ja systemaattisemmin, johon HIISI-hankkeessa ei ollut mahdollisuuksia.

#### 4.1.1.2 Hiilivuotovaikutukset ja EU:n hiilirajamekanismi

HIISI-hankkeessa ei laadittu globaaleja tarkasteluja, jonka vuoksi mahdollisia hiilivuotovaikutuksia on erittäin vaikea arvioida. Hiilivuodolla tarkoitetaan yleensä energiainteensiivisen teollisuuden investointien ja/tai tuotannon siirtymää kolmansiin maihin, eli EU:n ulkopuolelle, jossa ilmastosääntely ja siitä aiheutuvat kustannukset ovat matalammat. Hiilivuodon seurauksena globaalit KHK-päästöt voivat siten kasvaa.

Osana EU:n vihreän siirtymän 55-valmiuspakettia julkaistiin komission ehdotus hiilirajamekanismista<sup>10</sup>, jonka tavoitteena on pienentää EU:n muita maita tai alueita tiukemman ilmastopolitiikan vaikutuksia mahdolliseen hiilivuotoon. Hiilirajamekanismi olisi toteutuessaan uudenlainen ohjaustoimi EU:n ilmastopolitiikassa, jonka avulla tietyille EU:n ulkopuolelta tuleville tuotteille asetetaan samanlainen maksu kuin joka kohdistuu EU:ssa valmistettuihin vastaaviin tuotteisiin EU:n päästövähennystavoitteiden toimeenpanon seurauksena. Komission ehdotus hiilirajamekanismista on rajattu vain pieneen joukkoon päästöintensiivisiä tuotteita, kuten teräs, rauta, sementti, lannoitteet ja EU:n ulkopuolella tuotettu sähkö. Sekä komission laskelmien että Etlan johtaman VN TEAS hankkeen (Kuusi ym. 2020) tulosten perusteella tällaisen rajatun, mutta toisaalta myös toteutuskelpoisen hiilirajamekanismin taloudellinen ja ympäristöllinen vaikutus olisi todennäköisesti pieni.

Valtioneuvoston arvion mukaan (VN 2021) hiilirajamekanismi koskisi erityisesti tuontia Venäjältä Suomeen. Venäjän osuus kaikkien ehdotukseen sisällytettyjen tuotteiden tuonnin arvosta vuonna 2019 oli 60 prosenttia (592 milj. euroa) ja vuonna 2020 53

<sup>10</sup> KOM (2019), 640 lopullinen

prosenttia (382 milj. euroa). Venäjän sähkön osuus oli 31 prosenttia kaikesta ehdotukseen sisällytettyjen tavaroiden tuonnista vuonna 2019. Venäjältä tuotujen lannoitteiden osuus oli puolestaan 12 prosenttia.

HIISI-hankkeessa laadituissa skenaariotarkasteluissa lähtökohtana oli, että energiain-  
tensiivinen teollisuus investoi kotimaassa KHK-päästöjen vähentämiseen ja että suomalaisilla vientituotteilla olisi kysyntää globaaleilla markkinoilla. Oletetut investoinnit pikemminkin lisääisivät teollisuuden globaalia kilpailukykyä, mutta ilman laaja-alaisempaa tarkastelua johtopäätöksiä ei voida tehdä. HIISI-tulosten perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että Venäjän tuontisähkön osuus pienenee merkittävästi, kun vuonna 2030 Suomi voisi olla omavarainen sähkön hankinnan osalta. Tuontilannoitteiden osalta hiilirajamekanismi sen sijaan voi nostaa maatalousyrittäjien kustannuksia.

#### 4.1.2 Ohjaustoimien vaikuttavuus KAISU:n näkökulmasta

WEM-tulosten perusteella nähdään, että EU:n 55-valmiuspaketissa Suomelle asetama tavoite (50 % vuoden 2005 KHK-päästöihin verrattuna) vuodelle 2030 ei toteudu ilman merkittäviä lisätoimia, sillä lisäpäästövähennyksiä tarvittaisiin noin 5,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. TIMES-mallitarkastelun perusteella kotimaanliikenteen kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät WEM-skenaariossa noin 43 % vuoteen 2030 mennessä, kun tavoitteena on vähintään puolittaa liikenteen KHK-päästöt.

Taakanjakosektorin tarkastelut, joissa tarkasteltiin eri toimenpidekokonaisuuksien vaikutuksia KHK-päästöihin ja kustannuksiin osoittivat, että energiaverojen jo päätetyt muutokset (skenaario WEM-S1) eivät tuo merkittäviä päästönvähennyksiä taakanjakosektorille, mutta rakennusten erillislämmityksen tukitoimenpidekokonaisuus öljylämmityksestä luopumiseksi sekä jakeluvaihtoehdon nostaminen 30 %:iin (WEM-S3) saavat aikaan noin 1,4 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. lisävähennyksen vuonna 2030 ja 1,1 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2035. Lisäksi energiaverojen korotukset (WEM-S4, 10 €/MWh korotus energiasäلتöveroon ja maatalouden veronpalautusten poisto) tuovat 0,25 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. lisäpäästövähennyksen vuonna 2030 ja vastaavasti 0,5 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2035. Mallitarkastelujen perusteella näiden toimenpiteiden vaikutukset kansantuotteeseen vuoteen 2050 mennessä ovat vähäiset. Negatiiviset vaikutukset (n. 0,08-0,15 prosenttiyksikköä) näkyvät lähinnä kotitalouksien kulutuksen ja investointien kautta. Toisaalta POK:n jakeluvaihtoehdon nostaminen voisi jopa parantaa kotitalouksien ostovoimaa, koska se laskee polttoaineverotusta, mikäli biopolttoöljysektorin hinta ei nouse selkeästi fossiilista korkeammaksi.

Taakanjakosektorin KHK-päästöjen merkittävää vähentämistä vaikeuttaa sektorin laaja-alaisuus eri energia- ja päästösektoreilla ja toimijoiden suuri määrä. Tarvitaan

siten tehokkaita ja oikeudenmukaisia ohjaustoimia, jotka kohdentuvat kaikille taakanjakosektoreille. Kansalliset tavoitteet siirtyä fossiilittomaan liikenteeseen vuoteen 2045 mennessä ovat hyvin linjassa taakanjakosektorin kokonaistavoitteen kanssa samoin kuin öljylämmityksestä luopuminen ennen vuotta 2035. TIMES-VTT -mallitarkastelujen perusteella lämpöpumppujen osuus rakennusten hyötylämmöstä kasvaa WEM-skenaariossa nykyisestä noin 17prosentin osuudesta yli 10 prosenttiyksikköä vuoteen 2035 mennessä. Maataloudessa ja sen maankäytössä on mahdollisuus kustannusvaihuttaviin päästövähennyksiin. Esimerkiksi toimet turvemilla tuottavat noin 20 €/t CO<sub>2</sub>-ekv. hintaisia päästövähennyksiä, mutta maatalouden taakanjakosektorin toimet maksavat 100 €/t CO<sub>2</sub>-ekv. molemmin puolin. Näissä kustannuksissa on merkittävää epävarmuutta. Jätteiden käsittelyn osalta KHK-päästöt vähenevät jo nykytoimin WEM-skenaariossa eikä WAM-skenaarioon oletettu merkittäviä lisäpäästövähennyksiä. Jättesektorin KHK-päästövähennysten potentiaalia olisikin syytä tarkastella jatkossa. Työkoneiden osalta KHK-päästövähennykset käsittivät sekoitevelvoitteen noston lisäksi oletuksia sähköistymisen kasvusta, johon liittyy toisaalta merkittävää potentiaalia myös merkittävää epävarmuutta.

## 4.2 Sosiaalinen oikeudenmukaisuus

Sanna Marinin hallitusohjelmaan on kirjattu, että siirtymä hiilineutraalisuuteen tulee toteuttaa sosiaalisesti oikeudenmukaisella tavalla. Keskeinen kysymys on, kuinka sosiaalinen oikeudenmukaisuus tulisi määrittää hiilineutraalisuussiirtymän kontekstissa ja kuinka sitä tulisi mitata. Ilmastopaneelin raportti (Lipsanen ym. 2021) tarkastelee sosiaalista oikeudenmukaisuutta energiamurroksen ja erityisesti sähköistyvän yhteiskunnan näkökulmasta. Raportin mukaan energiamurroksen yhteydessä käytettyjen sosiaalista oikeudenmukaisuutta kuvaavien käsitteiden kenttä on laaja. EU on kuitenkin määritellyt energiaköyhyyskäsitteen ja seuraa energiaköyhyyden kehitystä valikoiduilla indikaattoreilla<sup>11</sup>. Ehkä keskeisin energiaköyhyyttä kuvaava indikaattori on kotitalouksien energialaskun suuruus suhteessa tuloihin. Tulevaisuudessa kotitalouksien energialaskua voi kasvattaa myös jäädytystarve ja toisaalta lämmityslaitteisiin kohdistuvat investointitarpeet pientaloissa voivat nousta suhteellisen suuriksi, kun irtaudutaan fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Heiskanen ym. (2021) tarkastelee tämän ns. jako-oikeudenmukaisuuden lisäksi menettelytapojen oikeudenmukaisuutta (mahdollisuus osallistua päätöksentekoon) ja tunnustamista (i. ovatko jotkut ryhmät politiikan osapuolina ja saavatko he osakseen huomiota ja tukea). Jako-oikeudenmukaisuutta on myös tarkasteltu VN-TEAS -hankkeessa liittyen ilmastopolitiikan tulonjakovaikutuksiin (Alimov ym. 2020). Tässä työssä laskennalliset analyysit perustuivat

<sup>11</sup> EU Energy Poverty Observatory, Indicators and Data. <https://www.energy-poverty.eu/indicators-data>

osin FINAGE-mallinnukseen ja työssä määritettyjä ilmastopolitiikkaskenaarioita verrattiin WEM-skenaarioon, jotka molemmat poikkeavat kuitenkin tietyiltä osin HIISI:n WEM- ja WAM-skenaarioista.

Siirtymä hiilineutraalisuuteen on kuitenkin huomattavasti laaja-alaisempi ja oikeudenmukaisuusnäkökulmassa tulisi huomioida eri päästö- ja talouden sektorit. Hyvä esimerkki moniulotteisuudesta tulee esille Paavola ym.:n (2021) raportissa, jossa on arvioitu ilmasto- ja energiastrategian sukupuolivaikutuksia 101 politiikkatoimenpiteiden suuntautuvien pääasiassa miesvaltaisille aloille sekä vaikuttavat miesten kulutustottumuksiin ja sisältävät miehiä kiinnostavia teknisiä ratkaisuja.

HIISI-hankkeessa laadittujen laskelmien perusteella on arvioitu politiikkatoimien työllisyysvaikutuksia eri toimialoilla sekä vaikutuksia kuluttajien ostovoimaan. Lisäksi on tarkasteltu aluetaloudellisia ja tulonjakovaikutuksia. Laskennalliset HIISI-tarkastelut liittyvät siten jako-oikeudenmukaisuuteen. Laskelmien mukaan vuonna 2030 työllisten lukumäärä jää WEM-skenaariota pienemmäksi erityisesti yksityisten palvelujen tuotannossa, joka sijoittuu suurelta osin kasvukeskuksiin, joissa väestöpohja on laaja. Tulonjakovaikutusten osalta vaikutukset ovat suhteellisesti suurempia keski- ja suurituloisissa desileissä kuin alimmissa tulodesileissä, jotka kuluttavat vähemmän energiapalveluja. Kun toisaalta näyttää siltä, että työllisyysvaikutukset kohdentuvat selvimmän palvelualoihin, joilla ansiotaso on keskimääräistä alempi, voi tulonmuodostuksen kautta syntyä tuloeroja kasvattavia vaikutuksia. Sosiaalinen oikeudenmukaisuus tai epäoikeudenmukaisuus on kuitenkin huomattavasti moniulotteisempi käsite ja keskeistä myös on, kuinka ihmiset kokevat ilmastopolitiikan oikeudenmukaisuuden. Lisäksi voidaan todeta, että kotitalouksille kohdistuvien kustannusten vaikutus ihmisten hyvinvointiin voi olla huomattavasti merkittävämpää vähemmän kuluttaville pienituloisille kuin enemmän kuluttaville suurituloisille. Erilainen aluerakenne ja liikkumistarpeet sekä esimerkiksi julkisen liikenteen palvelujen puuttuminen voivat voimistaa haitallisia hyvinvointivaikutuksia erityisesti pienituloisissa kotitalouksissa. HIISI-hankkeen sova-reportissa (Soimakallio ym.) asiaa on tarkasteltu myös ilmastopolitiikan käynnistämisen rakennemuutoksen näkökulmasta.

HIISI-laskelmien lisäksi sosiaalista oikeudenmukaisuutta tarkasteltiin tiekartta-analyyysien yhteydessä. Alla esitetyssä kuviossa on laadittu yhteenveto tiekartoista ja liikennevalvarein kerrottu, missä määrin esimerkiksi sosiaalista oikeudenmukaisuutta on arvioitu tiekartoissa. Kuviosta nähdään, että ainoastaan bioenergiatoimialan tiekartassa sosiaalinen oikeudenmukaisuus on ollut yhtenä keskeisenä tarkastelukohteena, kun taas muiden toimialojen tiekartoissa sosiaalinen oikeudenmukaisuus on ehkä mainittu muiden tekijöiden joukossa (vaalean punainen) tai sitä ei ole huomioitu lainkaan (tumman punainen). Bioenergiatoimialaan kuuluu myös turvealan yrittäjiä, joka selittää tiekartassa esitetyn huolen sosiaalisen oikeudenmukaisuuden toteutumisesta.

Mainittakoon myös, että SAK:n ja STTK:n vähähiilitiekartoissa korostettiin vaikutuksia työntekijöihin ja siten myös sosiaalinen oikeudenmukaisuus oli näissä tiekartoissa tärkeänä elementtinä. Bioenergiatoimialan sekä SAK:n ja STTK:n tiekartoissa tarkastelunäkökulmat ulottuivat siten myös menettelytapojen oikeudenmukaisuuteen (ainakin epäsuorasti) ja tunnustamiseen (esim. turvealan yrittäjät).

**Kuvio 17.** Yhteenvedo valikoitujen tiekarttojen sisältämistä tarkasteluista.

Toimiala	Päästövähennyspotentiaalit tai tavoitteet	Keskeiset haasteet ja ohjauskeinot	Oikeudenmukainen siirtymä
Energiateollisuus	Green	Yellow	Red
Teknologiaeollisuus	Green	Light Green	Light Red
Kemianteollisuus	Green	Yellow	Red
Metsäteollisuus	Green	Light Green	Light Red
Sahateollisuus	Green	Yellow	Red
Bioenergia	Yellow	Green	Light Green
Rakennusteollisuus	Green	Light Green	Red
Liikenne ja logistiikka	Green	Light Green	Red
Maatalous	Green	Light Green	Light Red
Elintarviketeollisuus	Green	Light Green	Red
Kauppa	Green	Yellow	Red

Oikeudenmukaista siirtymää on tutkittu verrattain paljon kansainvälisissä tieteellisissä julkaisuissa erityisesti energianäkökulmasta, mutta analyysin yhdistäminen laskennallisiin skenaario- ja vaikutusten arvioihin on puuttunut. Komission laatimissa vaikutustenarvioissa esimerkiksi 2030-politiikkaan liittyen asiaa on sivuttu pohtimalla vaikutuksia eri ammattiryhmiin ja toisaalta arvioimalla tulonjakovaikutusten kompensointia esimerkiksi päästökauppatulojen avulla. Euroopan komissio onkin ehdottanut sosiaalisen ilmatorahaston perustamista osana EU:n Fit for 55 -säädöspakettia. Rahaston avulla pyritään osaltaan ratkaista sosiaalisten rasitteiden epätasaiseen jakautumiseen liittyviä haasteita erityisesti rakennusten ja tieliikenteen osalta<sup>12</sup>. Oikeudenmukaiseen siirtymään liittyvien haasteiden syvällisempi tarkastelu Suomen näkökulmasta olisi tarpeen ja toisaalta siihen olisi myös erinomaiset valmiudet HIISI-hankkeessa luodun aineiston pohjalta.

<sup>12</sup> Euroopan komissio, Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksesta sosiaalisen ilmatorahaston perustamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0568&from=en>

## 4.3 TKI- ja koulutustarpeet

HIISI-hankkeessa laaditut laskennalliset analyysit sisältävät TKI (tutkimus, kehitys ja innovaatiot) -panokset ikään kuin sisään rakennettuina. TIMES-VTT -mallinnuksessa on huomioitu teknologioiden ja järjestelmien kehittyminen (esim. kustannukset, hyötysuhteet, käyttöiät). Kansantaloudellisissa FINAGE-mallinnuksissa TKI-panokset ovat mukana eri sektoreiden kehitysarvioissa. Toisaalta siirtymä hiilineutraalisuuteen on koko yhteiskuntaa läpileikkaava ja on erittäin vaikea erotella tähän liittyviä TKI-tarpeita. Suuri osa vähähiilisistä teknologioista ja niihin liittyvistä välituotteista perustuu tuontiin, mutta toisaalta Suomessa on myös merkittävää vientiteollisuutta ja palveluliiketoimintaa liittyen vähähiilisyteen. HIISI-hankkeessa TKI- ja koulutustarpeita on tämän vuoksi tarkasteltu laadullisesti lähinnä tiekartta-analyysien yhteydessä. Tiekarttoissa TKI-tarpeita on kuitenkin esitetty hyvin hajanaisesti ja lähinnä laadullisesti keskittyen oman toimialan keskeisiin kysymyksiin. Teknologiateollisuus esitti TKI-panostusten nostoa 4 prosenttiin BKT:sta kohdentaen ne vähähiiliratkaisujen kehittämiseen. Kemianteollisuus esitti T&K-lisätarpeiksi 200 miljoonaa euroa vuodessa sisältäen sekä julkisen että yksityisen panoksen. Alla on listattu valikoitujen tiekarttojen esittämiä TKI-tarpeita:

- Uusien biotuotteiden kehittäminen.
- Maaperän hiilitaseen vahvistaminen eri toimilla
- Uudet viljelymenetelmät ja -lajikkeet
- Sääntösalaojitus ja turvemaiden ennallistaminen
- Biokaasun tuotannon ja arvoketjun kehittäminen
- LCA-perusteisten (hiilijalanjälki)laskentamenetelmien ja yhteisten tietokantojen kehittäminen
- Biomassan käyttöön liitetty hiilen talteenotto (BECCS/BECCU/PyC-CUS) ja siihen liittyvät kohdennetut pilotoinnit ja demonstraatiot
- Hiilineutraali kemia: PtX, CCU, sähköistys, polttoaineen vaihto, kemiallinen kierrätys
- Uudenlaisten materiaalien ja tuotantoprosessien kehittäminen sekä energiatehokkaat tietotekniikkaratkaisut.
- Älykäs infra, staattinen ja dynaaminen tieto, analytiikka ja tiedon siirto.
- Uudet, vähähiiliset rakennusmateriaalit
- Prosessien ja rakennustoiminnan sähköistyminen sekä materiaalitehokkuus ja biopolttoaineiden laajempi hyödyntäminen.

Ali-Yrkkö ym. (2021) selvityksen mukaan T&K-panosten kasvattaminen 4 prosenttiin BKT:sta edellyttäisi julkiselta sektorilta yli 150 miljoonan, kotimaisilta yrityksiltä noin 290 miljoonan euron ja ulkomaisilta yrityksiltä ja muilta ulkomaisilta rahoittajilta noin 70 miljoonan euron vuosittaista kasvua T&K-investoinneissa. Hiilineutraalin siirtymän



edistämiseksi TKI-panokset kannattaisi erityisesti suunnata kotimaisiin pilotointi ja demonstraatiohankkeisiin sekä hiilineutraalien järjestelmien ja uusien tuotteiden kehitystyöhön. TKI-panoksilla tulisi paitsi varmistaa investoinnit vähähiiliratkaisuihin myös kasvattaa tuottavuutta ja arvonlisää.

Koulutuksen osalta tiekartoissa nostettiin esille uudistuvan työelämän tarpeet ja nykyisten työntekijöiden uudelleen koulutus sekä toisaalta korkeakoulujen ja muiden opetuslaitosten erikoistuminen. Myös koulutukseen nähtiin tarvittavan lisäresursseja. Alla on esitetty esimerkinomaisesti tiekarttojen esille tuomia koulutustarpeita:

- Aurinkoenergiaan ja biokaasutuotantoon liittyvä erikoisosaaminen.
- Ilmasto-osaamisen kasvattaminen ml. liikkeenjohdollinen kouluttaminen (esim. maanviljelijät, kaupan ala)
- Turvealan työntekijöiden uudelleen koulutus (1000-1800 htv.) panostamalla esimerkiksi bioenergian tuotanto- ja käyttöketjuun.
- Teknologian kehityksen ja ilmastonmuutoksen hillinnän koulutuksen parempi integrointi.
- Panostuksen monialaiseen osaamiseen liittyen vähähiiliratkaisuihin jo lyhyellä aikavälillä.
- Korjausrakentamiseen liittyvän osaamispääoman kasvattaminen.

TKI- ja koulutustarpeiden tarkastelua tulisi sekä tarkentaa että laajentaa. Mielenkiintoinen olisi myös kansainvälinen vertailu. Myös komissio on esittänyt omissa vaikutusarvioissaan joitain näkökulmia koulutustarpeista, jotka liittyvät osin fossiilitalouden työpaikkojen poistumiseen ja osin nykyisen ammattiosaamisen syventäminen ja suuntaaminen (esim. maanviljelijät, tekniikan ammattilaiset).

## 4.4 Ympäristövaikutukset

Päästövaikutusten ohessa keskustelut liittyen luonnon monimuotoisuuteen ja sen turvaamiseen ovat kiihtyneet. Useimmiten keskustelut ovat liittyneet metsäraaka-aineen käyttöön. Vähemmälle huomiolle on jäänyt, että nopea yhteiskunnan sähköistyminen ja siirtyminen mittavissa määrin uusiutuvan energian käyttöön lisäävät uusiutumattomien raaka-aineiden ja maa-alan käyttöä Suomessa uuden infrastruktuurin rakentamisen myötä ja toisaalta sekä Suomessa että Suomen rajojen ulkopuolella raaka-aineiden primaarituotannon vuoksi. HIISI-hankkeen skenaariotarkasteluissa arviot raaka-aineiden käytöistä kohdistuivat lähinnä energiahyödykkeiden tuottamiseen sekä bioperäisten raaka-aineiden kysyntään ja tarjontaan (l. metsäteollisuus, ruoantuotanto). Laadullisessa sova-analyysissä vaikutuksia muiden raaka-aineiden käyttöön sivuttiin, mutta jatkossa olisi tarpeen myös numeeriset tarkastelut metallien, mineraalien, ve-

den ja muiden luonnon raaka-aineiden kysynnän kasvuista huomioiden myös kiertotalouden ja resurssitehokkuuden tuomat mahdollisuudet. Kansallisessa päätöksenteossa huomio kiinnittyy pääosin kansallisiin vaikutuksiin, vaikka huomiota tulisi kiinnittää myös enenemässä määrin ylikansallisiin vaikutuksiin.

Sektorikohtaisia mahdollisia ympäristövaikutuksia on tarkasteltu tarkemmin osahankkeen ympäristövaikutusten arviointiraportissa (Soimakallio ym. 2021). Tulevia politiikkatoimia ennakoiden arvioinnissa keskityttiin tulevan ilmasto- ja energiastrategian ja KAISU:n valmisteluiden kannalta keskeisiin ympäristönäkökulmiin ja -vaikutuksiin, joihin strategiassa ja KAISU:ssa tehdyillä linjauksilla ja oletuksilla sekä niiden toimeenpanolla voidaan vaikuttaa, ja joiden seuranta on olennaista strategian ja KAISU:n kokonaiskestävyyden kannalta. Lisäksi vaikutusarvioinnin tueksi koottiin laaja katsaus erilaisiin päästövähennysteknologioihin ja muihin ratkaisuihin. Ympäristövaikutusten määritelmän (SOVA-laki 200/2005) laajuuden vuoksi merkittävä osa tarkastelusta on laadullista ja suuntaa antavaa.

## Liitteet

### LIITE 1 WEM-skenaarioon sisällytetyt toimet (31.12.2019 mennessä voimaan tulleet tai päätetyt).

#### EU:n asettamat tavoitteet Suomelle ja EU:n määrittämät (hallintomalliasetus) lähtöoletukset WEM-skenaarion laskentaan

- EU:n päästökauppajärjestelmä on voimassa koko tarkasteluajavälin ajan ja lisäksi jako EU:n päästökauppa- ja taakanjakosektorien kesken perustuu nykyiseen jakoon. **Taakanjakosektorin päästövähennystavoitetta vuonna 2030** (Suomelle 39 % vertailuvuoteen 2005) ei oletettu WEM-skenaariossa, vaan tavoitteen saavuttamista tarkasteltiin laskelmien tulosten perusteella.
- Fossiilisten tuontipolttoaineiden hintakehitys hallintomalliasetuksen mukaisesti. Kotimaisten energiahyödykkeiden hinnat endogeeniset, eli TIMES-VTT-mallinukseen perustuva.
- EU:n päästöoikeuden hintakehitys EU:n hallintomalliasetuksen mukaisesti (30-75 €/t CO<sub>2</sub> laskentavuosina 2020-2050). WEM-S -herkkyystarkastelu laadittu korkeammilla päästöoikeuden hinnoilla (50-100 €/t CO<sub>2</sub>) laskentavuosina 2020-2050.

#### Energiasektori, teollisuuden energia, liikenne, työkoneet ja rakennusten erillislämmitys: kansalliset toimet

- Vuoden 2019 lopussa olleiden valmisteverotasojen oletetaan pysyvän (reaalisesesti) ennallaan;
- Kivihiilen käytöstä luopuminen sähkön ja lämmön tuotannossa viimeistään vuonna 2029;
- Turpeen käytön vähintään puolittaminen vuoteen 2030 mennessä;
- Biopolttoaineiden osuus tieliikenteen energiankulutuksesta vuonna 2020 13,5 %:n energiasisältöosuudesta ja kasvaa vaiheittain 30 %:in vuoteen 2030 mennessä jakeluvelvoitelakia mukaillen (FINLEX 2019a). 10 %:n bionesteen sekoitusvelvoite rakennusten erillislämmityksessä käytettävälle kevyelle polttoöljylle ja työkoneiden dieselöljylle, joka kasvaa lineaarisesti vuosina 2020–2030 jakeluvelvoitelakia (FINLEX 2019b) mukaillen.
- Uudisrakentamisessa Suomessa on siirrytty lähes nollaenergiarakentamiseen EU:n yhteisten tavoitteiden mukaisesti (Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU, EPBD)
- Korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimukset (asetus 4/2013) sekä energiatehokkuuskorjauksiin osoitetun ARA:n kautta jaettavan tuen arvioidut vaikutukset ominaiskulutuksiin.
- F-kaasujen korvaaminen muilla aineilla EU:n direktiivien mukaisesti;
- Valtakunnallinen jättesuunnitelma jätteen synnyn ehkäisyn ja jätehuollon tavoitteista sekä toimista tavoitteiden saavuttamiseksi;

## WAM-skenaarioon sisällytetyt toimet (1.1.2020 alkaen ja 1.8.2021 mennessä voimaan tulleet tai päätetyt)

### EU:n asettamat tavoitteet Suomelle ja EU:n määrittämät (hallintomalliasetus) lähtöoletukset WAM-skenaarion laskentaan

- EU:n päästökauppajärjestelmä on voimassa koko tarkasteluajavälin ajan ja lisäksi jako EU:n päästökauppa- ja taakanjakosektorien kesken perustuu nykyiseen jakoon. **Taakanjakosektorin päästövähennystavoite vuonna 2030 50 %** (vertailuvuosi 2005). Lisäksi on laadittu herkkyystarkastelu, jossa on huomioitu taakanjakosektorin joustot (one-off ja LULUCF).
- Fossiilisten tuontipolttoaineiden hintakehitys hallintomalliasetuksen mukaisesti. Kotimaisten energiahyödykkeiden hinnat endogeeniset, eli TIMES-VTT-mallinukseen perustuva.
- EU:n päästöoikeuden hintakehitys 50-100 €/t CO<sub>2</sub> laskentavuosina 2020-2050.

### Sanna Marinin hallituksen päätökset 1.1.2020-3.9.2021:

- Sähkön käytön verotus veroluokka 2:n (teollisuus, kaivostoiminta, ammattimainen kasvihuoneviljely ja yli 5 megawatin konesali) osalta lasketaan EU:n asettamaan minimiin (0,05 snt/kWh + huoltovarmuusmaksu). Sähköveroluokkaan II toisaalta siirretään kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavat lämpöpumput, konesalit ja sähkökattilat.
- Lämmitys-, voimalaitos- tai työkonetyöhön tarkoitettujen polttoaineiden veronkorotus vuoden 2021 alusta 2,7 euroa megawattitunnilta. Yhteistuotannon verotuen alennus poistamalla laskentasääntö, jolla alennetaan tuotannossa verotettavaa lämpömäärää ja siten lämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden veroa. Yhteistuotannon energiasisältöveron alennus säilyy 7,63 eurossa megawattitunnilta. Turpeen käytön säätäminen verottomaksi alle 10 000 MWh vuodessa vuosina 2022–2026 ja vuosina 2027–2029 alle 8 000 MWh vuotuinen käyttö.
- Energiaintensiivisille yrityksille maksettavasta polttoaineiden energiaveron palautuksesta luovutaan vaiheittain vuosina 2021–2024 siten, että vuodelta 2025 lähtien yritykset eivät enää ole oikeutettuja palautukseen.
- LULUCF (maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous) -sektorin netto-nieluja vahvistetaan 3 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.
- ARA:n ja ELY:n kautta jaettavat tuet kiinteistökohtaisesta öljylämmityksestä luopuille kotitalouksille, taloyhtiöille, kunnille ja kuntien omistamille liikelaitoksille
- Joutoalueiden metsitystuki, vuodesta 2021 lähtien. Yksityisille maanomistajille maatalouskäytön ulkopuolelle jääneiden peltolohkojen ja entisten turvetuotantoalueiden metsittämiseen. Kiinteä kustannuskorvaus ja hoitopalkkio. Kustannuskorvaus perustuu keskimääräisiin laskennallisiin hehtaarikohtaisiin kustannuksiin. Korvaus on suurempi, jos metsitettävä alue sijaitsee turvemaalla. Palkkioiden suuruutta tarkastellaan vuosittain niin, että metsitystavoitteet toteutuvat. Laki metsityksen määräaikaisesta tukemisesta, 1114/2020, Valtioneuvoston asetus metsityksen määräaikaisesta tukemisesta 103/2021.

WAM-skenaarion politiikka- ja ohjaustoimet, joista ei ole päätöksiä:

- Kasvihuonekaasupäästöille asetetaan ilmastolakiehdotuksen mukaiset vähennystavoitteet, eli 60 % vuonna 2030, 80 % vuonna 2040 ja vähintään 90 % vuonna 2050. Lisäksi vuodelle 2035 KHK-päästötavoitteeksi asetetaan 21 Mt CO<sub>2</sub>-ekv., jolla saavutetaan LULUCF-sektorin 3 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. nettonielujen vahvistus.
- Muiden, kuin tieliikenteen polttoaineiden valmisteverojen indeksikorotus laskelmissa oletettujen reaalihintojen lisäksi (ns. tuplaindeksikorotus).
- 30 %:n bionesteen sekoitusvelvoite rakennusten erillislämmityksessä käytettävälle kevyelle polttoöljylle ja työkoneiden dieselöljylle 2030 mennessä. Vuoteen 2025 asti bio-osuuden kasvu noudattaa WEM-skenaarion mukaista kehitystä ja korotetut sekoiteosuudet tulevat käyttöön vuodesta 2026 alkaen.
- Biokaasun käytön lisäys tieliikenteessä noin 2 TWh vuoteen 2030 mennessä. Samalla biokaasulle asetetaan energiasisältövero.
- Rakennusten erillislämmityksessä ja työkoneissa valmisteverojen asteittainen korotus +3 €/MWh 2023, +3 €/MWh 2026 ja +4 €/MWh 2029 (yht. +10 €/MWh). Korotus on vaihtoehtoinen em. tuplaindeksikorotukselle, kunnes ne ovat samalla tasolla. Tämän jälkeen valmisteverojen korotus noudattaa tuplaindeksikorotuksen kehitystä.
- Maatalousyrittäjille maksettavasta polttoaineiden energiaveron palautuksesta luovutaan 2030 mennessä.
- Muutokset uudisrakentamisen ja korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksiin sekä uusiutuvan energian osuuden vähimmäisvaatimus uusille rakennuksille ja laajamittaisesti korjattaville rakennuksille.
- CAP27-suunnitelmaluonnoksen 2.7.2021 politiikkatoimet, vaikutus 2023 alkaen
  - Ehto: pellonraivaus sallittua vain pysyväksi nurmeksi.
  - Ympäristökorvaus kosteikkojen hoitoon & ei-tuotannollinen investointituki kosteikkoinvestointeihin. Tukea voi saada vesiensuojelukosteikkojen lisäksi ilmastokosteikko, jossa vedenpinnan taso -5 - -10 cm. Tavoiteala 2027 vesiensuojelu- ja ilmastokosteikolle yhteensä 3000 ha.
  - Ympäristökorvaus valumavesien käsittelyyn: säätösaloituksen hoitotoimenpiteet. Tavoiteala 2027 60 000 ha.
  - Ympäristökorvaus kerääjäkasvien viljelyyn. Tavoiteala 2027 300 000 ha.
  - Ympäristökorvaus maanparannus- ja saneerauskasvien viljelyyn. Tavoiteala 2027 100 000 ha.
  - Ympäristökorvaus suojavyöhykkeisiin ja turvepeltojen nurmiin. Turvepeltojen nurmi perustetaan alalle, jossa on edellisenä vuonna viljelty yksivuotista kasvia. Tavoiteala 2027 yhteensä molempiin 60 000 ha.
  - Ekojärjestelmän viherlannoitusnurmi. Tavoiteala 2027 20 000 ha.
  - Maatalousinvestoinnit: Ympäristön tilaa ja tuotannon kestävyyttä edistävät investoinnit. Tavoite vuoden 2027 loppuun mennessä 1,1 prosenttia tiloista eli yhteensä 500 tilaa.
- Maankäytön muutosmaksu kaikelle metsästä muuksi maankäytöksi raivaamiselle 2024 alkaen, nousee neljän vuoden välein. Maksu koskisi kaikkea metsän raivausta muuhun maankäyttöön, ja se asetettaisiin raivauksesta aiheutuvan ilmastollisen haitan suuruiseksi niin, että maksu ei kokonaan lopeta yhteiskunnan kehittämisen kannalta hyödyllistä maankäytön muutosta, kuten merkittävien rakentamishankkeiden toteutumista.
- Maankäytön muutosmaksu turvetuotannosta vapautuvien alojen siirtämiselle muuhun kuin metsitykseen tai vettämiseen 2024 alkaen, nousee vuosittain.

- Huonotuottoisten peltojen metsitykseen ja vettämiseen tarjouskilpailutukseen perustuvaa tukea.
- Säättösalaajituksen hoitosopimukseen mukaan vedenpinnan tason seuranta; viljelijälle kompensatiota märkyiden aiheuttamasta taloudellisesta riskistä.
- Tukea turvetta korvaavien kuivike- ja kasvualustakasvien viljelyyn korkealla vedenpinnalla.
- Tukea biokaasunurmille Etelä-Suomessa.
- Täsmäviljelyyn investointitukea suuremmalle määrälle tiloja kuin CAP27-investointituen tavoitteissa.

## Liite 2 TIMES-VTT -mallin laskemat kasvihuonekaasupäästöjen taseet (pl. LULUCF) vuosina 2010–2050, WEM ja WAM

Gg(CO2-ekv.)	WEM-skenaario							
Päästöluokka	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
1A Polttoaineiden polton päästöt	60095	40484	34833	29155	25083	21940	17843	11169
1A1 Energiateollisuus	30947	17780	14015	9655	8015	7454	5947	3592
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10250	6757	6106	6417	5900	5014	4066	2490
1A3 Kotimaan liikenne	12712	10857	10451	8983	7562	6347	5401	2932
1A4 Muut sektorit	4982	4068	3167	2981	2448	2104	1404	1329
1A5 Muu polttoainekäyttö	1204	1022	1094	1118	1158	1022	1025	826
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	142	147	126	104	98	92	88	78
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6166	5803	5654	5678	5553	4184	3571	3104
2A Mineraaliteollisuus	1167	966	1106	1229	1270	1024	1141	1278
2B Kemia-teollisuus	1058	1208	1201	1372	1506	617	640	885
2C Metalliteollisuus	2439	2142	2061	2066	2094	2028	1353	593
2D Muu kuin energiakäyttö	115	139	149	153	159	181	195	227
2F F-kaasut	1387	1348	1137	859	524	333	242	120
3 Maatalous	6650	6573	6388	6321	6275	6197	6107	5943
3A Kotieläinten ruoansulatus	2095	2115	2309	2209	2172	2110	2052	1985
3B Lannankäsittely	746	752	768	736	686	668	636	518
3D Maatalousmaat	3529	3521	3097	3161	3202	3204	3204	3225
3F Kasvintähteiden poltto pellolla	1	3	3	3	3	3	3	3
3G Kalkitus	277	180	210	210	210	210	210	210
3H Urean levitys	2	2	2	2	2	2	2	2
5 Jätteiden käsittely	2563	2093	1764	1260	1195	961	829	607
5A Jätteiden kaatopaikkasijoitus	2170	1732	1350	875	815	587	462	257
5B Jätteiden biologinen käsittely	143	113	125	100	100	100	100	100
5D Jätevesien puhdistus	250	248	289	285	280	274	267	250
Epäsuorat CO2 päästöt	69	54	76	76	76	76	76	76
<b>Yhteensä pl. LULUCF-sektori</b>	<b>75685</b>	<b>55154</b>	<b>48840</b>	<b>42594</b>	<b>38280</b>	<b>33450</b>	<b>28514</b>	<b>20977</b>
Gg(CO2-ekv.)	WAM-skenaario							
Päästöluokka	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
1A Polttoaineiden polton päästöt	60095	40484	34833	23651	16974	11511	5441	-2928
1A1 Energiateollisuus	30947	17780	14015	6283	5057	3716	295	-4047
1A2 Teollisuus ja rakentaminen	10250	6757	6106	5315	3661	2152	1780	120
1A3 Kotimaan liikenne	12712	10857	10451	8263	5959	3850	1809	144
1A4 Muut sektorit	4982	4068	3167	2772	1642	1065	792	363
1A5 Muu polttoainekäyttö	1204	1022	1094	1018	655	729	764	491
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	142	147	126	102	93	82	72	60
2 Teollisuusprosessit ja tuotekäyttö	6166	5803	5654	5160	4769	2918	2591	1979
2A Mineraaliteollisuus	1167	966	1106	960	780	841	1006	1043
2B Kemia-teollisuus	1058	1208	1201	1372	1539	650	673	609
2C Metalliteollisuus	2439	2142	2061	2066	2094	1102	616	19
2D Muu kuin energiakäyttö	115	139	149	157	171	195	210	244
2F F-kaasut	1387	1348	1137	605	185	131	85	64
3 Maatalous	6650	6573	6387	6062	5711	5570	5360	5067
3A Kotieläinten ruoansulatus	2095	2115	2309	2162	2086	2017	1973	1924
3B Lannankäsittely	746	752	768	611	474	501	468	383
3D Maatalousmaat	3529	3521	3097	3076	2938	2839	2706	2547
3F Kasvintähteiden poltto pellolla	1	3	3	1	1	1	1	1
3G Kalkitus	277	180	210	210	210	210	210	210
3H Urean levitys	2	2	2	2	2	2	2	2
5 Jätteiden käsittely	2563	2093	1764	1196	953	809	748	594
5A Jätteiden kaatopaikkasijoitus	2170	1732	1350	895	666	529	392	244
5B Jätteiden biologinen käsittely	143	113	125	100	100	100	100	100
5D Jätevesien puhdistus	250	248	289	202	187	180	257	250
Epäsuorat CO2 päästöt	69	54	76	80	80	80	80	80
<b>Yhteensä pl. LULUCF-sektori</b>	<b>75685</b>	<b>55154</b>	<b>48840</b>	<b>36250</b>	<b>28580</b>	<b>20970</b>	<b>14290</b>	<b>4850</b>

**Liite 2 TIMES-VTT-mallin laskemat kasvihuonekaasupäästöjen taseet taakanjakosektorin alasektorien päästöille sekä päästökauppasektorille WEM- ja WAM -skenaarioissa (Mt CO<sub>2</sub>-ekv.).**

<b>WEM – Sektorit</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.8	10.5	8.6	7.2	6.0	5.0
Työkoneet	2.6	2.5	2.4	2.4	2.2	2.1	1.9	1.8
Rakennusten lämmitys	4.5	4.2	3.2	2.4	2.1	1.7	1.3	0.6
Muut energiaperäiset	3.3	3.1	2.6	2.8	3.0	3.0	2.8	2.7
F-kaasut	1.2	1.4	1.4	1.1	0.9	0.5	0.3	0.2
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.5	6.6	6.5	6.3	6.3	6.3	6.2	6.1
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.8	1.3	1.2	1.0	0.8
<b>Taakanjakosektori yhteensä</b>	<b>34.4</b>	<b>33.7</b>	<b>29.9</b>	<b>27.8</b>	<b>24.9</b>	<b>22.5</b>	<b>20.1</b>	<b>18.0</b>
Päästökauppasektori	35.5	42.1	25.3	20.6	17.9	15.8	13.5	10.6
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>69.9</b>	<b>75.8</b>	<b>55.2</b>	<b>48.5</b>	<b>42.8</b>	<b>38.3</b>	<b>33.5</b>	<b>28.5</b>

<b>WAM – Sektorit</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>
Kotimaan liikenne pl. avia	12.7	12.5	10.8	10.5	7.9	5.6	3.5	1.5
Työkoneet	2.6	2.5	2.4	2.4	1.9	1.4	1.0	0.8
Rakennusten lämmitys	4.5	4.2	3.2	2.4	1.9	1.0	0.5	0.3
Muut energiaperäiset	3.3	3.1	2.6	2.8	2.7	1.9	2.3	2.4
F-kaasut	1.2	1.4	1.4	1.1	0.6	0.2	0.1	0.1
Muut prosessit ja tuotteet	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
Maatalous	6.5	6.6	6.5	6.3	6.1	5.7	5.6	5.4
Jätteiden käsittely	3.1	2.9	2.3	1.8	1.2	1.0	0.8	0.7
<b>Taakanjakosektori yhteensä</b>	<b>34.4</b>	<b>33.7</b>	<b>29.9</b>	<b>27.8</b>	<b>22.8</b>	<b>17.3</b>	<b>14.4</b>	<b>11.8</b>
Päästökauppasektori	35.5	42.1	25.3	20.6	13.5	11.3	6.6	2.5
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>69.9</b>	<b>75.8</b>	<b>55.2</b>	<b>48.5</b>	<b>36.3</b>	<b>28.6</b>	<b>21.0</b>	<b>14.3</b>



## Lähteet

Alimov, N., Godenhielm, M., Honkatukia, J., Kinnunen, J., Ruuskanen, O-P. 2020. Ilmastopolitiikan tulonjakovaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 49/2020. Saatavilla osoitteessa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162536/VNTEAS\\_2020\\_49.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162536/VNTEAS_2020_49.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Ali-Yrkkö, J., Deschryvere, M., Halme, K., Järvelin, A-M., Lehenkari, J., Pajarinen, M., Piirainen, K. & Suominen, A. 2021. Yritysten t&k-toiminta ja t&k-investointien kasvattamisen edellytykset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 50/2021. Saatavilla osoitteessa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163266/VNTEAS\\_2021\\_50.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163266/VNTEAS_2021_50.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

EC 2020. European Commission. Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2021. Draft for consultation in CCC WG2, 25/06/2020.

Heiskanen, E., Matschoss, K., Laakso, S., Rinkinen, J. & Apajalahti, E-L. 2021. Energiaturroksen jännitteet kansalaisten arjessa. Alue ja Ympäristö 50, 124–138. <https://doi.org/10.30663/ay.102992>

Honkatukia, J. 2021. Kansantalouden skenaariot. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 65/2021.

Horne, P., Korhonen, O., Ruuskanen, O-P. Metsiin kohdistuvien ilmastopoliittisten toimenpiteiden toteutettavuus ja puun tarjonta yksityisen metsänomistajan näkökulmasta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 66/2021.

Khanal, P. N., Grebner, D. L., Munn, I. A., Grado, S. C., Grala, R. K., & Henderson, J. E. 2017. Evaluating non-industrial private forest landowner willingness to manage for forest carbon sequestration in the southern United States. *Forest Policy and Economics*. 75:112-119.

Koljonen, T., Laukkanen, M., Ollikainen, M., Lehtilä, A., Eerola, E., Koreneff, G., Kyritsis, E., Lindroos, T.J., Ollikka, K., Pursiheimo, E., Rämä, M., Siikavirta, H. 2019. Energiantuotannon valmisteverotuksen kehittäminen Suomessa. VTT Technology 359. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2019/T359.pdf>

Koskela, T., Horne, P., Karppinen, H. ja Korhonen O. 2021. Metsien ekosysteemipalvelut ja jokamiehenoikeus – Metsänomistaja 2020. PTT raportteja 267.

Kuusi, T., Björklund, M., Kaitila, V., Kokko, K., Lehmus, M., Mehling, M., Oikarinen, T., Pohjola, J., Soimakallio, S., Wang, M. 2020. Carbon Border Adjustment Mechanisms and Their Economic Impact on Finland and the EU. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 48/2020. Saatavilla osoitteessa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162510/VNTEAS\\_2020\\_48.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162510/VNTEAS_2020_48.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lehtilä, A., Koljonen, T., Laurikko J., Markkanen, J. & Vainio, T. 2021. Energijärjestelmän ja kasvihuonekaasujen kehitykset. Hiilineutraali Suomi 2035 - ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 67/2021.

Lehtonen, H., Saarnio, S., Rantala, J., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aakkula, J., Jallinoja, M., Rasi, S., Niemi, J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta – Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry. Helsinki. Saatavilla osoitteessa: <https://www.mtk.fi/ilmastotiekartta>

Lipsanen, A., Kivimaa, P., Leino, M. 2021. Sähköistyvän yhteiskunnan ja energiamurroksen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 3/2021.

Maanavilja, L., Tuomainen, T., Aakkula, J., Haakana, M., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Kilpeläinen, H., Koikkalainen, K., Kärkkäinen, L., Lehtonen, H., Miettinen, A., Mutanen, A., Myllykangas, J.-P., Ollila, P., Viitanen, J., Vikfors, S., Wall, A. Hiilineutraali Suomi 2035 –Maankäyttö- ja maataloussektorin skenaariot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 63/2021.

Markowski-Lindsay, M., Stevens, T., Kittredge, D. B., Butler, B. J., Catanzaro, P., & Dickinson, B. J. (2011). Barriers to Massachusetts forest landowner participation in carbon markets. *Ecological Economics*, 71:180–190.

Metsäteollisuus ry 2020. Vihreä ja vireä talous. Metsäteollisuuden ilmastotiekartta. Saatavilla osoitteessa: [5fae9c3de86a240e06b76565\\_Metsa\\_Esite\\_Email.pdf](https://5fae9c3de86a240e06b76565_Metsa_Esite_Email.pdf) ([webflow.com](https://webflow.com))

Miller, K. A., Snyder, S. A., & Kilgore, M. A. 2012. An assessment of forest landowner interest in selling forest carbon credits in the Lake States, USA. *Forest Policy and Economics*. 25:113-122.

Paavola, J-M., Kinnunen, A., Tanhua, I., Rautiainen, T. 2021. Ilmasto- ja energiastrategian sukupuolivaikutusten arviointi. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:52. Saatavilla: [Ilmasto- ja energiastrategian sukupuolivaikutusten arviointi \(valtioneuvosto.fi\)](https://www.valtioneuvosto.fi)

Pöyry 2016. Suomen metsäteollisuus 2015–2035. Loppuraportti X304203 19.1.2016. Pöyry Management Consulting.

Rämö, A.-K., Haltia, E., Horne, P. & Hänninen, H. 2011. Yksityismetsien puuntarjonta – Puunmyyntipäätökseen vaikuttavat tekijät. PTT raportteja 226. 79 s.

Sahateollisuus ry 2020. Ilmastoviisas sahatteollisuus. Sahateollisuuden hiilitekartta -raportti. [https://sahateollisuus.com/wp-content/uploads/2020/06/st\\_hiilikartta\\_raportti.pdf](https://sahateollisuus.com/wp-content/uploads/2020/06/st_hiilikartta_raportti.pdf)

Soimakallio, S., Tikkakoski, P., Niemistö, J., Savolahti, M., Rehunen, A., Seppälä, J., Hildén, M. 2021. Hiilineutraali Suomi 2035 – ilmasto- ja energiapolitiikan toimien ympäristövaikutusten arviointi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 64/2021.

TEM 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2017.

TEM 2019. Finland's Integrated Energy and Climate Plan. Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 2019:66. Saatavilla osoitteessa: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fi\\_final\\_necp\\_main\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fi_final_necp_main_en.pdf)

TEM 2021. Työ- ja elinkeinoministeriö. U 48/2021 vp. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston uudelleen laadituksi energiategohokkuusdirektiiviksi; KOM(2021) 588 lopullinen. Muistio 23.9.2021. EU/2021/0796. Saatavilla: <file:///C:/Users/protkk/Downloads/0900908f8075b2bd.pdf>

Tilastokeskus 2021. Energia 2020 -taulukkopalvelu. Saatavilla osoitteessa: [https://pxhoepa2.stat.fi/sahkoiset\\_julkaisut/energia2020/html/suom0002.htm](https://pxhoepa2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2020/html/suom0002.htm)

Tilli, T. & Rämö, A.-K. & Maidell, M. & Toivonen, R. & Kärki, L. 2009. Metsänomistajien näkemyksiä metsätalouden kannattavuudesta ja puun tarjonnasta vuoteen 2015. Pel-lervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja 213. 94 s + liitteet.

Toppinen A. ja Kuuluvainen J. 2010. Forest sector modelling in Europe-the state of the art and future research directions. *Forest Policy and Economics* 12: 2-8.

VN 2021. Valtioneuvoston U-kirjelmä U 57/2021 vp. Valtioneuvoston kirjelmä eduskunnalle komission ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi hiilirajamekanismista (hiilirajamekanismi, CBAM). Muistio valtiovarainministeriö 30.9.2021, EU/2021/0794. Saatavilla: [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U\\_57+2021.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U_57+2021.aspx)

Wade, D., & Moseley, C. 2011. Foresters' perceptions of family forest owner willingness to participate in forest carbon markets. *Northern Journal of Applied Forestry*. 28(4): 199-203.

YM 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030. Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80703/YMra\\_21\\_2017.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80703/YMra_21_2017.pdf?sequence=1)

tietokayttoon.fi

---

ISBN PDF 978-952-383-257-2  
ISSN PDF 2342-6799