



Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm &
Ilkka Savolainen

Arvio ei-päästökauppasektorin päästövähennyskeinoista ja kustannuksista Suomessa

Arvio ei-päästökauppasektorin päästövähennyskeinoista ja -kustannuksista Suomessa

Tomi J. Lindroos, Aira Hast,
Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen



ISBN 978-951-38-7796-5 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 978-951-38-7797-2 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2011

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

Toimitus Marika Leppilähti

Kopijyvä Oy, Kuopio 2011

Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen. Arvio päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista ja -kustannuksista Suomessa [Estimating abatement potential and reduction costs at the Finnish non-ETS sector]. Espoo 2011. VTT Tiedotteita – Research Notes 2605. 67 s. + liitt. 9 s.

Avainsanat non-ETS emission reductions, non-ETS, greenhouse gas emissions, emission projections

Tiivistelmä

Tähän julkaisuun on koottu arvioita ja näkökulmia päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista Suomessa. Alkuperäiset julkaisut ovat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (Regina ym. 2011), Suomen ympäristökeskuksen (Alaja 2009, Lindh 2010), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM 2011) sekä ympäristöministeriön (YM 2008). Eri sektorien päästöennusteiden perusteella on muodostettu päivitettyt nyky- ja lisätoimiurat koko ei-PK-sektorille.

Päivitettyjä lisätoimi- ja nykytoimiskenaarioita verrattiin Suomen nykyiseen 16 %:n päästövähennystavoitteeseen vuodelle 2020 ja mahdollisesti tulevaan tiukempaan tavoitteeseen (-23 %), jotta saataisiin arvioitua, kuinka pitkälle nykytoimet riittävät ja kuinka paljon tarvitaan lisätoimia. Päästövähennyksiä ja niihin liittyviä suoria kustannuksia tarkasteltiin myös epävarmuudet huomioon ottavalla SONETS-mallilla (Hast ym. 2011), joka on kehitetty ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasujen ja päästövähennysten mallintamiseen.

Suomen nykyinen -16 %:n tavoite, joka vastaa EU:n 20 %:n päästövähennystavoitetta, voitaisiin saavuttaa kokonaan kotimaisin toimin. Tämän lisäksi voidaan ostaa päästöyksiköitä, joilla voidaan välttää kaikista kalleimmat kotimaiset toimet ja tasata päästöjen vuosittaista vaihtelua. Työssä tarkastellut kotimaiset toimet eivät riittäisi saavuttamaan tiukempaa -23 %:n tavoitetta, joka vastaisi likimain EU:n mahdollista 30 %:n tavoitetta. Suomi voisi kuitenkin saavuttaa -23 %:n tavoitteen päästöyksiköitä ostamalla. Malliarvion perusteella nykyisen -16 %:n tavoitteen saavuttaminen maksaisi noin 600 M€ mutta arvio sisältää liikenteen biopoltoainetavoitteen ja biokaasun syöttötariffin kustannukset (noin 400 M€). Lisäkustannukset tiukempaan -23 %:n tavoitteeseen siirtymisestä olisivat noin 200 M€

Koska sekä päästöennusteisiin että kustannuksiin liittyy merkittävää epävarmuutta, ei vaadittavista vähennyskeinoista voida saada täysin varmoja arvioita. Ajan kuluessa saadaan uutta tietoa, minkä vuoksi perusuria ja lisävähennykeinojen joukkoa tulisi tarkistaa määräajoin.

Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen. Estimating abatement potential and reduction costs at the Finnish non-ETS sector [Arvio päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista ja -kustannuksista Suomessa]. Espoo 2011. VTT Tiedotteita – Research Notes 2605. 67 p. + app. 9 p.

Keywords non-ETS emission reductions, non-ETS, greenhouse gas emissions, emission projections

Abstract

In this publication, we estimate the abatement potential and reduction costs at the Finnish non-ETS sector. We collected estimates and viewpoints from the literature and updated emission projections of each non-ETS subsector.

We compared updated ‘with measures’ and ‘with additional measures’ estimated to current -16 % target for Finland and to possible tighter target (estimated -23 %). The current target would be possible to reach with domestic measures only if all additional measures could be implemented. We also used SONETS-model to estimate the costs and economically reasonable emission reduction measures to reach the targets.

Alkusanat

Ympäristöministeriö tilasi keväällä 2011 VTT:ltä tutkimuksen, jonka tehtävänä oli arvioida, miten ei-päästökauppasektorin päästövähennykset ovat toteutuneet ja miten kehityksen arvioidaan jatkuvan. Toimeksiannon tavoitteena oli päivittää arviot ei-päästökauppasektorin päästöjen kehityksestä nykytoimi- ja lisätoimiskenaarioissa sekä arvioida tavoitteen saavuttamisen kustannuksia. Tarkasteltavaksi valittiin nykyinen 16 prosentin vähennystavoite sekä tiukempi tavoite, johon EU mahdollisesti siirtyy.

Raportissa arvioidaan päästövähennysten ja kustannusten suuruusluokkia, päästövähennysten kannalta keskeisimpiä vaikuttavia tekijöitä sekä tarjotaan näkökulmia laajempaan ja tarkempaan keskusteluun aiheesta, mitä käydään mm. Ilmasto- ja energiastrategiaa päivitettäessä, ja yksityiskohtaisempiin tutkimuksiin erillisillä sektoreilla.

Selvityksen ohjaajana on toiminut Magnus Cederlöf ympäristöministeriöstä. Työhön VTT:stä osallistui Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm ja Ilkka Savolainen. Kaikki esitetyt tulokset ja mielipiteet ovat selkeästi siteeratusta lähteestä tai tutkijoiden omia.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract	5
Alkusanat	6
1. Johdanto	9
2. Ei-PK-sektorin päästövähennystavoite ja joustomekanismit	12
2.1 Suomen tavoite vuodelle 2020	12
2.2 Päästövähennyspolku 2013–2020	14
2.3 Joustomekanismit	15
2.4 Pitkän aikavälin päästövähennystavoite	16
3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot	18
3.1 Lähtötiedot	18
3.2 Liikenne (pl. kotimaan lentoliikenne)	19
3.2.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	19
3.2.2 Liikenteen uusi perusura.....	21
3.2.3 Muita arvioita liikenteen päästövähennyskeinoista.....	21
3.3 Maatalous (CRF-luokka 4)	22
3.3.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	22
3.4 Rakennusten lämmityksen ei-PKS-osuus	25
3.4.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	25
3.4.2 Muita arvioita rakennusten lämmityksen päästövähennys-keinoista	27
3.5 Työkoneet	28
3.5.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	28
3.5.2 Muita arvioita työkoneiden päästövähennyskeinoista	29
3.6 Jätehuolto	29
3.6.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	29
3.6.2 Muita arvioita jätehuollon päästövähennyskeinoista	30
3.7 F-kaasut	31
3.7.1 Muita arvioita F-kaasujen päästövähennyskeinoista	32
3.8 Muut ei-PKS-päästöt	32
3.8.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario	32
3.8.2 Muita arvioita 'muiden ei-PKS-päästöjen' vähennyskeinoista	34
3.9 Yhteenvedo nykytoimi- ja lisätoimiurista	34
4. Arvio ei-PK-sektorin tavoitteen saavuttamisesta	37
4.1 Nykyisen -16 % tavoitteen saavuttaminen	37
4.2 Siirtyminen tiukempaan tavoitteeseen	39
4.3 Alustava arvio vuoden 2030 tavoitteen saavuttamisesta	40
4.4 Tulosten vertaaminen muihin vastaaviin arvioihin	42
5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista	43

5.1	Mallin päivitetty nykytoimiura ja oletukset	44
5.2	Optimointimallin tulokset	46
5.2.1	Portfolioilla saavutettavat päästöt ja kustannukset	46
5.3	Mallin päästövähennystoimet	50
5.3.1	Portfolioiden sisältämät päästövähennystoimet.....	50
5.3.2	Päästövähennyskeinoilla saavutettavat vähennykset ja kustannukset.....	52
5.4	Herkkyystarkastelu	54
5.5	Mallin tulosten tulkinta.....	57
6.	Yhteenveto.....	60
6.1	Päästövähennykset.....	60
6.2	Kustannukset.....	63
	Lähdeluettelo	66

Liitteet

Liite A: Päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästöt CRF-luokittain

Liite B: Nyky- ja lisätoimiskenaarioiden oletukset

Liite C: Kirjallisuuskatsaus päästövähennystoimista eri sektoreilla

Liite D: SONETS-mallin tarkempi kuvaus

1. Johdanto

Tässä julkaisussa arvioidaan, kuinka suuri osa Suomen ei-päästökauppasektorin päästövähennystavoitteesta saavutetaan nykyisillä toimilla ja kuinka paljon tarvitaan lisätoimia. Lisäksi raportissa tarkastellaan käytettävissä olevien lisätoimien päästövähennyspotentiaalia ja kustannusten suuruusluokkaa teknis-taloudellisesta näkökulmasta. Julkaisussa on keskitytty EU:n nykyiseen tavoitteeseen ja myös tiukempaan päästövähennystavoitteeseen, johon EU:ssa tullaan mahdollisesti siirtymään. Yhteenveto tuloksista on esitetty luvussa 6.

EU:n ilmasto- ja energiapaketissa jäsenmaat ovat sitoutuneet vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 20 % vuoden 1990 päästötasosta vuoteen 2020 mennessä (13 % vuodesta 2005). EU:n tavoitetta voidaan myös kiristää 30 prosenttiin vuodesta 1990, mikäli muut maat sitoutuvat riittäviin päästövähennystavoitteisiin. EU:n komissio julkaisi vuoden 2011 aikana ns. matalahiilitiekartan (EC 2011), jossa arvioidaan EU:n päästövähennyspolkua. Polku tähtää 80 %:n päästövähennykseen vuoteen 2050 mennessä. EU:n matalahiilitiekartan ja kahden asteen tavoitteeseen pääsemiseksi tulisi sopia yhä tiukemmista tavoitteista.

EU:ssa kasvihuonekaasujen päästölähteet jaetaan päästökauppasektoriin (PKS), ei-päästökauppasektoriin (ei-PKS), maankäyttösektoriin (LULUCF) sekä kansainvälisen meriliikenteen päästöihin. Päästökauppasektorille kuuluu suurin osa sähkön- ja lämmöntuotannon sekä energiavaltaisen teollisuuden aiheuttamista CO₂-päästöistä. Ei-päästökauppasektorille kuuluvat mm. osa liikenteen, maatalouden, rakennusten lämmityksen, jätehuollon ja työkoneiden päästöistä sekä muut Kioton sopimuksen kasvihuonekaasut: F-kaasut, metaani ja dityppioksidi lähes kokonaan.

EU:n -20 %:n päästövähennystavoite kohdistuu vain PK- ja ei-PK-sektoreihin ja se on jaettu näiden kahden sektorin välillä siten, että päästökauppasektori vähentää päästöjä suhteessa noin kaksi kertaa enemmän (21 % vuodesta 2005) kuin ei-päästökauppasektori (10 % vuodesta 2005). Päästökauppasektorilla otetaan vuodesta 2013 alkaen käyttöön koko EU:n yhteinen päästökintiö, mutta

1. Johdanto

päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla pysytään edelleen kansallisissa tavoitteissa.

Suomen tavoite ei-päästökauppasektorille on vähentää 16 % vuoden 2005 päästöistä vuoteen 2020 mennessä. Luvussa 2 esitetään tarkemmin Suomen nykyinen -16 %:n tavoite, arvio mahdollisesta tiukemmasta tavoitteesta, käytettävissä olevat joustomekanismit ja arvio EU:n ns. matalahiilitiekartan tavoitteen mukaisesta pitkän ajan päästövähennystavoitteesta.

Luvussa 3 käydään tarkemmin läpi ei-PK-sektorin päästölähteet Suomessa sekä arviot tulevista päästöistä ja päästövähennyskeinoista. Luvun loppuun on koottu yhteenveto, jossa eri sektorien päästökehitysarviot on yhdistetty koko ei-PK-sektorin nykytoimi- (With Measures, WM) ja lisätoimiskenaarioiksi (With Additional Measures, WAM).

Osa tarkastelluista päästöjen vähennyskeinoista vähentää päästöjä ei-PK-sektorilla, mutta kasvattaa niitä joillakin muilla sektoreilla Suomessa tai ulkomailla. Esimerkiksi talokohtaisen öljykattilan korvaaminen lämpöpumpulla pienentää päästöjä ei-PK-sektorilla ja kasvattaa niitä päästökauppasektorilla. Lämpöpumpun käyttämän sähkön tuotantomuodosta riippuu kuinka paljon päästöt kokonaisuudessaan vähenevät. Tässä raportissa on keskitytty ainoastaan ei-PK-sektoriin ja edellä kuvatun kaltaisia siirtovaikutuksia on käsitelty ainoastaan sanallisesti.

Joissakin yhteyksissä ei-päästökauppasektorista käytetään nimitystä päästökaupan ulkopuoliset sektorit, mutta termistä ei käy selvästi ilmi, sisältääkö se LULUCF-sektoria tai kansainvälisen lento- ja meriliikenteen päästöjä. Tämän vuoksi tässä julkaisussa puhutaan ei-päästökauppasektorista (ei-PK-sektori), millä tarkoitetaan EU:n taakanjakopäätöksen (EC 2009) vuosina 2013–2020 kattamia päästöjä.

Luvussa 4 verrataan koottuja päästöskenaarioita Suomen nykyiseen -16 %:n tavoitteeseen sekä mahdolliseen tiukempaan -23 %:n tavoitteeseen. Lisäksi arvioidaan, kuinka suuri osa ei-PK-sektorin tavoitteesta voitaisiin saavuttaa kotimaisin toimin ja kuinka paljon lisävähennyksiä päästöyksiköiden ostot mahdollistavat. Tässä tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella ei voida arvioida Suomen päästövähennystavoitteiden saavuttamisen kustannuksia, sillä kustannusarvioita löytyi vain muutamasta kirjallisuuslähteestä. Tämän lisäksi on tehty alustava suuruusluokka-arvio vuoden 2030 päästötavoitteen saavuttamisesta, ja lopuksi tuloksia on verrattu muihin vastaaviin arvioihin.

Luvussa 5 on arvioitu päästövähennystavoitteiden saavuttamiseen sisältyvää epävarmuutta ja kustannuksia. Työkaluna arvioissa on käytetty VTT:n SONETS-

mallia (Stochastic Optimization of Non-ETS Emissions), joka on kehitetty arvioidaan päästöjä ja päästövähennyksiä ei-PK-sektorilla (Hast ym. 2011). Malli huomioi sekä kustannuksiin että päästömääriin liittyviä epävarmuuksia, esimerkiksi öljyn hinnan tai liikennemäärien kehityksessä tulevina vuosina. Kustannusarviota varten sektorikohtaisissa katsauksissa kerätyt tiedot päivitettiin malliin siltä osin kuin mahdollista, mutta kaikista kirjallisuudessa esitetyistä keinoista ei ollut tiedossa päästövähennyspotentiaalia tai kustannuksia.

Teknis-taloudellisen potentiaalın lisäksi päästövähennystoimia tulisi tarkastella myös mm. muiden ympäristövaikutusten, hyväksyttävyyden ja poliittisen toteutettavuuden näkökulmista. Tässä raportissa muut näkökulmat huomioidaan siinä määrin kuin kirjallisuuskatsauksessa käytetyt raportit ovat niitä huomioineet. Etenkin maataloudessa olisi paljon mahdollisia lisätoimia, mutta niiden toteutettavuus on erittäin haasteellista mm. edellä mainituista syistä. Tämän raportin tarkoituksena on arvioida päästövähennysten ja kustannusten suuruusluokkia, tunnistaa keskeisimpiä vaikuttavia tekijöitä sekä tarjota näkökulmia laajempaan ja tarkempaan keskusteluun aiheesta, mitä käydään mm. Ilmasto- ja energiastrategiaa päivitettäessä, ja yksityiskohtaisempiin tutkimuksiin erillisillä sektoreilla.

2. Ei-PK-sektorin päästövähennystavoite ja joustomekanismit

2.1 Suomen tavoite vuodelle 2020

EU:n ilmasto- ja energiapaketin mukainen Suomen kansallinen tavoite päästökaupan ulkopuolisille sektoreille (ei-PKS) on vähentää päästöjä 16 % vuodesta 2005 vuoteen 2020 mennessä. Päästökaupan piiriin luokiteltavat päästöt muuttuvat vuosina 2012 ja 2013, jolloin esim. kansallinen lentoliikenne ja typpihapon tuotanto siirtyvät ei-päästökauppasektorilta päästökauppasektorille. Kansainvälinen lentoliikenne siirtyy myös päästökaupan piiriin vuonna 2012, mutta se on aiemmin ollut tämän jaon ulkopuolella, eikä sitä siksi käsitellä erikseen tässä.

Tässä raportissa sovelletaan vuoden 2013 päästökaupparajausta koko tarkasteltavalle aikavälille, jolloin vuoden 2005 päästöt on takautuvasti laskettu vastaamaan uutta rajausta (Tilastokeskus 2011). Vuoden 2013 päästökaupparajauksen mukaan lasketut päästöt on esitetty taulukossa 2.1.

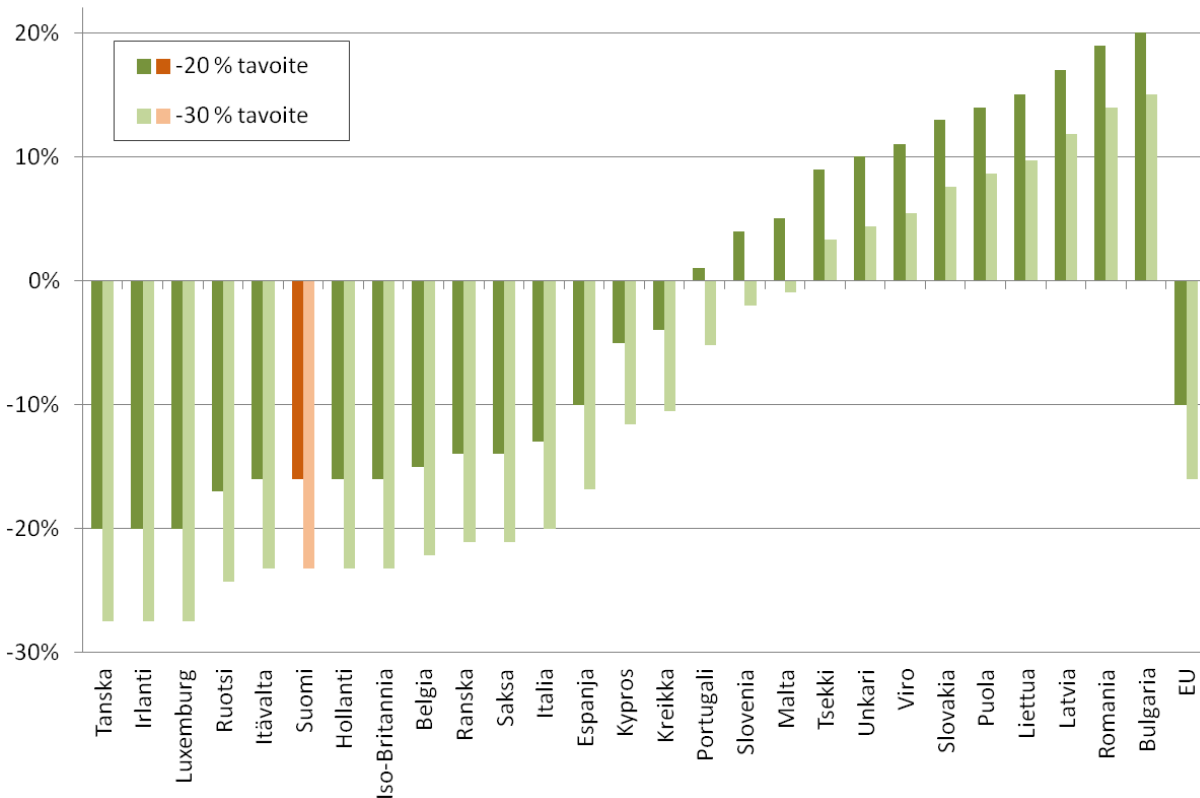
Taulukko 2.1. Päästökauppasektorin ja sen ulkopuolisten sektorien päästöt vuosina 1990 ja 2005 sekä vuoden 2020 ei-PKS:n tavoite laskettuna vuoden 2013 päästökaupparajauksella (Tilastokeskus 2011).

	1990	2005	2020 tavoite	2020 tavoite
	Mt CO ₂ ekv	Mt CO ₂ ekv	%	Mt CO ₂ ekv
Ei-PKS päästöt (2013 päästökaupparajaus)	35,9	32,5	-16	27,3
PKS päästöt (2013 päästökaupparajaus)	34,5	36,0		
Päästökauppaan 2005–2007 kuuluneet päästöt	31,4	33,0		
Päästökauppaan jo siirretyt tai siirtyvät päästöt	3,1	2,9		
Yhteensä	70,4	68,5		

2. Ei-PK-sektorin päästövähennystavoite ja joustomekanismit

On mahdollista, että EU päättää siirtyä tiukempaan, -30 %:n tavoitteeseen. Kansallisia tavoitteita ei ole vielä määritelty tiukemmassa tavoitteessa, mutta komissio on arvioinut, että EU:n ei-PKS-sektorin tavoite kiristyisi 10 %:sta 16 %:iin tiukempaan tavoitteeseen siirryttäessä (EC 2010).

Kuvassa 2.1 on arvioitu tiukempaan tavoitteeseen siirtymisen vaikutuksia jäsenmaittain. Kuvan taakanjako on tehty samoilla periaatteilla kuin nykyinen taakanjako. Siinä on oletettu, että Tanskan tavoite kiristyisi -27,5 %:iin ja Bulgarian +15 %:iin. Tässä tapauksessa Suomen tavoitteeksi tulisi -23 %. Koska kansallisia tavoitteita ei kuitenkaan ole vielä sovittu, tässä raportissa on tarkasteltu myös -21 ja -25 %:n tavoitteita vuodelle 2020. Yhden prosenttiyksikön muutos tavoitteessa muuttaa Suomen vuoden 2020 ei-PKS:n päästötasoa noin 0,32 Mt CO₂ ekv.

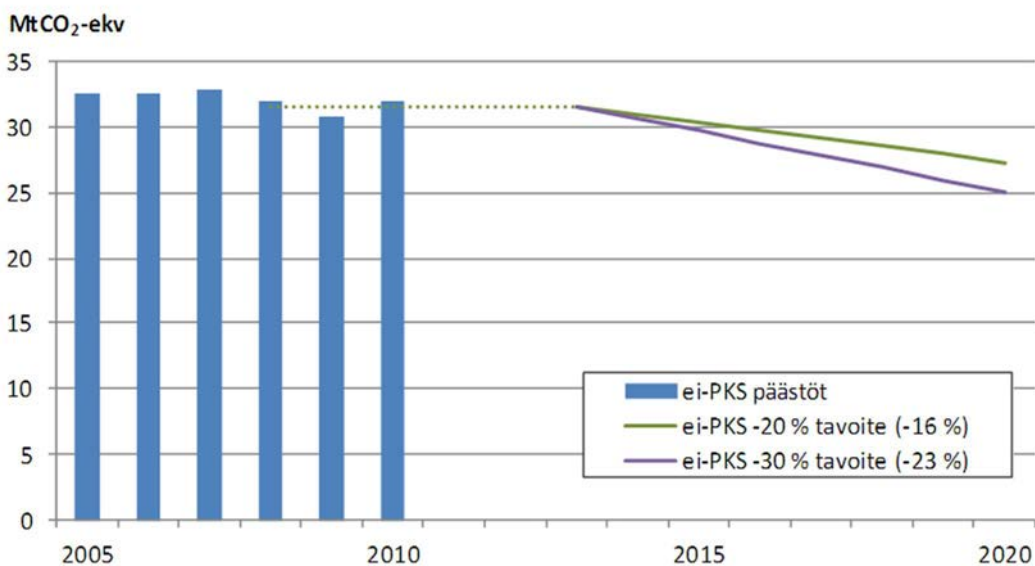


Kuva 2.1. Arvio EU:n -30 %:n tavoitteeseen siirtymisen vaikutuksista jäsenmaittain. Kuvassa on oletettu, että jäsenmaiden suhteellinen taakanjako pysyy samana, Tanskan tavoite kiristyy -27,5 prosenttiin ja Bulgarian +15 prosenttiin. Suomen luvut on merkattu oranssilla.

2.2 Päästövähennyspolku 2013–2020

EU:n taakanjakopäätöksessä on määritelty ei-päästökauppasektorin vähennysprosentin lisäksi sitova päästövähennyspolku. Päästöjen tulee kehittyä vuosina 2013–2020 siten, että ne laskevat määritellyn lähtötason ja vuoden 2020 tavoitteen välillä lineaarisesti tai ovat tavoiteuraa pienemmät.

Lähtötaso määritetään ei-päästökauppasektorin vuosien 2008–2010 päästöjen keskiarvona. Tässä tarkastelussa käytetään Tilastokeskuksen ilmoittamia päästötietoja vuosille 2008 (32,0 Mt CO₂ ekv) ja 2009 (30,7 Mt CO₂ ekv) sekä ennakkotietoa vuoden 2010 päästöistä (31,9 Mt CO₂ ekv), jolloin lähtötasoksi määräytyy 31,5 Mt CO₂ ekv¹. Kuvassa 2.2 on esitetty vuosien 2005–2010 ei-PK-sektorin päästöt sekä -16 ja -23 %:n tavoitteita vastaavat päästövähennysurat. Erotus näiden kahden uran päästöissä kumulatiivisesti 2013–2020 on 9,1 Mt CO₂ ekv.



Kuva 2.2. Suomen ei-PKS-päästöt vuosina 2005–2010 sekä -16 ja -23 %:n tavoitteiden päästövähennyspolut.

¹ Virallista lukua lähtötasosta ei vielä ole. EU:n komissio on arvioinut lähtötasoksi 31,0 Mt CO₂ ekv, ja ero arvioissa johtuu päästökauppaan siirtyvistä päästöluokista. Neuvottelu lähtötasosta Suomen ja EU:n välillä on kesken.

2.3 Joustomekanismit

Päästövähennystoimien lisäksi päästötavoitteen saavuttamiseksi voidaan käyttää joustomekanismeja. Jäsenmaa voi tasapainottaa päästöjen vuosivaihtelua siten, että se voi rajoitetusti lainata vuosittaisia päästömääriä seuraavalta vuodelta tai siirtää käyttämättä jääneen päästömäärän tulevia vuosia varten täysimääräisenä omaan käyttöönsä. Lainattavien päästöyksiköiden enimmäismäärä on viisi prosenttia kyseisen vuoden päästömäärästä, ja lainattu määrä vähennetään täysimääräisenä seuraavan vuoden päästömäärästä.

Ajallisten joustojen lisäksi jäsenmaat voivat hyödyntää muista maista hankittavia päästövähennysyksiköitä. EU:n taakanjakopäätös (EC 2009) mahdollistaa kolmenlaisten päästöyksiköiden käytön:

- 1) Jäsenmaiden välisen ei-PKS-päästöyksiköiden kaupan. Päästöyksiköitä voidaan ostaa muilta jäsenmailta enintään 5 % vuoden 2005 päästöistä. Jäsenmaat voivat myydä ylijääneet yksiköt muille jäsenmaille täysimääräisenä, mikäli ne onnistuvat alittamaan tavoitteensa.
- 2) CDM-yksiköt. Niiden käyttö on rajattu siten, että jäsenmaa voi hyödyntää niitä korvaamaan päästötavoitteen ylityksestä vuosittain enintään 3 % vuoden 2005 päästöistä.
- 3) CDM-yksiköt vähiten kehittyneiltä mailta (least developed countries). EU:n taakanjakopäätöksessä mahdollistetaan lisäyksiköiden osto vähiten kehittyneistä maista, joilta jäsenmaat voivat ostaa päästöyksiköitä vuosittain enintään 1 % vuoden 2005 päästöistä.

Suomessa 1 % vastaa vuosittain noin 0,33 Mt CO₂ ekv:tä eli kumulatiivisesti vuosina 2013–2020 noin 2,6 Mt CO₂ ekv:n päästömäärää. Suurin taakanjakopäätöksen sallima määrä päästöyksiköitä on 9 % vuosittain, mutta muiden jäsenmaiden ja vähiten kehittyneiden maiden päästöyksiköiden realisoituminen ja riittävä tarjonta ei ole täysin varmaa. Tämän vuoksi tässä raportissa tarkastellaan pelkästään tavallisten CDM-yksiköiden hyödyntämistä eli 3 %:n osuutta vuoden 2005 päästöistä (1 Mt CO₂ ekv vuosittain ja 7,8 Mt CO₂ ekv kumulatiivisesti 2013–2020).

Tiukempaan tavoitteeseen siirryttäessä käytettävissä olevien joustojen määrä tulee mitä todennäköisimmin kasvamaan. EU:n Ilmasto- ja energiapaketin mukaan puolet lisävähennyksestä voitaisiin toteuttaa joustomekanismeilla. Suomen siirtyminen 16 %:n vähennystavoitteesta 23 %:n tavoitteeseen vastaa kumulatiivisesti 9,1 Mt CO₂ ekv:n lisävähennystä vuosina 2013–2020, joten Suomelle

2. Ei-PK-sektorin päästövähennystavoite ja joustomekanismit

sallittaisiin arviolta noin 4,5 Mt CO₂ ekv lisäpäästöyksiköitä. Lisäksi on mahdollista, että muitakin nykyisiä joustomekanismeja hieman muutetaan tai laajennetaan.

Valtio on jo hankkimassa 30 miljoonalla eurolla päästöyksiköitä jaksolle 2013–2020 mekanismien käytön osto-ohjelman kautta. Tämän lisäksi kaudelle 2008–2012 ostettuja päästöyksiköitä voidaan siirtää tuleviin velvoitteisiin. Ympäristöministeriön arvion mukaan tämä siirtomahdollisuus voi olla jopa luokkaa 1,1–4,2 Mt CO₂ ekv. Ympäristöministeriön arvion mukaan valtiolla voi olla jo nykyisillä toimilla käytössä jopa 4–7 Mt CO₂ ekv:n paketti päästöyksiköitä kaudelle 2013–2020. Tämä olisi parhaimmillaan hyvin lähellä suurinta sallittua yksiköiden käytön määrää, ellei päästöyksiköitä saada hankittua myös muista jäsenmaista tai vähiten kehittyneistä maista.

2.4 Pitkän aikavälin päästövähennystavoite

Vuoden 2020 vähennystavoitteiden lisäksi on tärkeää huomioida, että vuosina 2030 ja 2050 on todennäköisesti pystyttävä täyttämään entistä tiukemmat päästötavoitteet. EU:n komissio julkaisi keväällä 2011 Matalahiilitiekartan, jossa arviointiin, että kustannustehokas tapa saavuttaa 80 %:n päästövähennys vuoteen 2050 mennessä vaatisi noin 40 %:n päästövähennyksen vuonna 2030 (EC 2011).

Koko EU:n ei-päästökauppasektorin tulisi komission arvion mukaan vähentää vuoden 2005 päästöistä 24–36 % vuoteen 2030 mennessä ja 66–71 % vuoteen 2050 mennessä. Taulukossa 2.2 on esitetty vuoden 2005 toteutunut vähennys, vuoden 2020 tavoite (nykyinen/tiukempi) sekä Matalahiilitiekartan esitys vuosien 2030 ja 2050 päästömääräksi.

Taulukko 2.2. Pitkän ajan päästövähennystavoitteet päästökauppa- ja ei-päästökauppasektoreilla EU:n Matalahiilitiekartan (EC 2011) mukaan. Vuoden 2020 kohdalla on esitetty ensin nykyinen tavoite ja toiseksi mahdollinen tiukempi tavoite.

	<u>1990</u>	<u>2005</u>	<u>2020</u>	<u>2030</u>	<u>2050</u>
Yhteensä (vuodesta 1990)	0	-7 %	-20 % / -30 %	-40 ... -45 %	-79 ... -82 %
Yhteensä (vuodesta 2005)		0 %	-14 % / -19 %	-35 ... -40 %	-77 ... -81 %
PKS		0 %	-21 % / -34 %	-43 ... -48 %	-88 ... -92 %
ei-PKS		0 %	-10 % / -16 %	-24 ... -36 %	-66 ... -71 %

2. Ei-PK-sektorin päästövähennystavoite ja joustomekanismit

Monella sektorilla pitkän aikavälin tavoitteisiin on tärkeää varautua hyvissä ajoin, sillä useat toimet vaikuttavat hitaasti. Esimerkiksi rakennuskannan uudistuminen kestää vuosikymmeniä, samoin kaatopaikalle viety hajoava jäte aiheuttaa päästöjä vuosikymmeniä. Nykyisiä politiikkatoimia ja niiden mittakaavaa suunnitellessa olisi todennäköisesti hyvä varautua myös siihen, että tulevat päästövähennystavoitteet ovat selvästi nykyisiä tiukemmat.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Tässä luvussa esitellään päästökaupan ulkopuolisten sektorien toteutuneet päästöt sekä nykytoimi- ja lisätoimiskenaariot. Nykytoimiskenaarioiden sisältämät oletukset ja päästövähennyskeinot on esitelty kunkin sektorin omassa luvussa ja koottu liitteeseen B. Lisätoimiskenaarioiden esitelty vastaavasti kunkin sektorin omassa luvussa, ja niistä on koottu yhteenveto liitteeseen C.

3.1 Lähtötiedot

Taulukossa 3.1 on esitetty päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästöt vuosina 1990 sekä 2005–2009 vuoden 2013 päästökaupparajauksella (Tilastokeskus 2011). Keskeisimmät muutokset ovat liikennesektorilla, jolta kotimaan lentoliikenne siirtyy päästökaupan piiriin vuonna 2012, ja muissa ei-PKS-päästöissä, joista typpihapon valmistuksen ja joidenkin pienempien teollisuusalojen päästöt siirtyvät päästökaupan piiriin vuonna 2013. Ei-PKS-päästöt on esitetty CRF-luokittain liitteessä A.

Taulukko 3.1. Ei-päästökaupasektorin päästöt (Mt CO₂ ekv) vuoden 2013 päästökaupparajauksella (Tilastokeskus 2011). "Muut ei-PKS-päästöt" sisältävät mm. päästökaupan ulkopuolista teollisuutta.

	1990	2005	2006	2007	2008	2009
	Mt CO ₂ ekv					
ei-PKS yhteensä (2013 kattavuus)	35,9	32,5	32,6	32,9	32,0	30,7
Liikenne (pl. kotimaan lentoliikenne)	11,7	12,7	12,9	13,2	12,7	12,1
Maatalous (CRF-luokka 4)	6,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,7
Rakennusten lämmityksen ei-PKS-osuus	6,7	4,9	4,8	4,7	4,5	4,6
Työkoneet	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,3
Jäte	4,0	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2
F-kaasut	0,1	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9
Muut ei-PKS-päästöt	4,3	3,2	3,3	3,2	3,1	2,9

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Tässä julkaisussa käytetyt arviot nykytoimi- ja lisätoimiskenaarioiden päästö-
määrien kehityksestä perustuvat taulukossa 3.2 esitettyihin lähteisiin. Nykytoi-
miskenaarioiden oletukset ja niiden sisältämät toimet on esitetty kunkin sektorin
omassa alaluvussa ja koottu liitteeseen A. Lisätoimiskenaariot on esitelty vas-
taavasti sektorien alaluvuissa, ja niiden sisältämät toimet on koottu liitteeseen B.

Taulukko 3.2. Käytetyt lähteet WM- ja WAM -skenaarioille.

	<u>WM-skenaario</u>	<u>WAM-skenaario</u>
Liikenne (pl. kotimaan lentoliikenne)	<ul style="list-style-type: none">• Lähtöarvo vuodelle 2009: Tilastokeskus 2011• Trendi välille 2005–2050: TEM 2011	<ul style="list-style-type: none">• Lähtöarvo vuodelle 2009: Tilastokeskus 2011• Trendi: TEM 2011 siten, että vähennykset alkavat vasta 2012
Maatalous (CRF-luokka 4)	<ul style="list-style-type: none">• Regina ym. 2011	<ul style="list-style-type: none">• Regina ym. 2011
Rakennusten Lämmityksen ei-PKS-osuus	<ul style="list-style-type: none">• Lähtöarvo vuodelle 2009: Tilastokeskus 2011• Trendi välille 2009–2020: Martinkauppi 2010	<ul style="list-style-type: none">• Lisätoimien vähennyspotentiaalit arvioitu aiemmin muodostetun päästövähennysmallin mukaisesti (Hast ym. 2011)
Työkoneet	<ul style="list-style-type: none">• Lähtöarvo vuodelle 2009: Tilastokeskus 2011• Trendi välille 2005–2030: YM 2008	<ul style="list-style-type: none">• Lähtöarvo vuodelle 2009: Tilastokeskus 2011• Trendi välille 2005–2030: YM 2008 siten, että vähennykset WM-skenaarioon nähden alkavat vasta 2012
Jätehuolto	<ul style="list-style-type: none">• YM 2008	<ul style="list-style-type: none">• YM 2008
F-kaasut	<ul style="list-style-type: none">• Lindh 2010	<ul style="list-style-type: none">• Lindh 2010

3.2 Liikenne (pl. kotimaan lentoliikenne)

3.2.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Liikenteen päästöt ei-päästökauppasektorilla olivat 12,7 Mt CO₂ ekv vuonna 2005, mikä oli yli kolmannes ei-PK-sektorin päästöistä (Tilastokeskus 2011). Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että tieliikenteen osuus kaikista ei-PK-sektorin päästöistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 keskimäärin. Päästötiedot eivät sisällä kotimaan lentoliikennettä kuten liikennesektori yleensä, sillä lentoliikenne siirtyy päästökauppaan vuoden 2012 alussa.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Tässä tarkastelussa lähtötasona on käytetty vuoden 2010 päästöille tehtyä arviota, ja tähän on sovitettu työ- ja elinkeinoministeriön (TEM 2011) raportissa esitettyjen ennusteiden mukainen trendi. Lisätoimiskenaariota on päivitetty siten, että vähennykset alkavat vasta vuonna 2012. Tällöin lisätoimiskenaario on vuoteen 2012 asti nykytoimiskenaarion kaltainen, mutta jatkuu vuodesta 2012 alkuperäisen lisätoimiskenaarion suuntaisena. Muodostetun nykytoimiskenaarion mukaan päästöt olisivat noin 11,9 Mt CO₂ ekv ja lisätoimiskenaarion mukaan noin 10,8 Mt CO₂ ekv vuonna 2020. Luvut on koottu taulukkoon 3.3.

Liikenne- ja viestintäministeriö on päivittämässä tässä käytettyjä skenaarioita, mutta päivitysprosessi oli tätä julkaisua kirjoittaessa vielä kesken eikä uusia tuloksia pystytty ottamaan huomioon tässä. Uutta perusuraa on käyty tarkemmin läpi seuraavassa luvussa.

Taulukko 3.3. Käytetyt arviot tieliikenteen päästöjen (Mt CO₂ ekv) kehityksestä nykytoimija lisätoimiskenaarioissa (Tilastokeskus 2011 ja TEM, 2011, ks. myös taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020	2050
WM	11,7	12,7	12,7	12,1	12,6	11,9	11,9
WAM	11,7	12,7	12,7	12,1	12,6	10,8	10,8

Tässä raportissa käytettävässä, liikenne- ja viestintäministeriön edellisessä nykytoimia kuvaavassa skenaariossa oletetaan, että autokanta uusiutuu nykyistä nopeammin ja vuonna 2020 uusien autojen ominaispäästöt ovat noin 100 g CO₂/km. Lisäksi oletetaan, että biopolttoaineiden osuus myydystä polttoaineesta on vuonna 2020 vähintään 10 %. Oletusten mukaan myös energiatehokkuuden tulee kehittyä ja joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käytön yleistyä. Nykyisiä toimia kuvaavassa skenaariossa liikennesuoritteiden kasvu oletetaan kohtuulliseksi, noin 0,5–1,5 % vuodessa.

Liikenteen biopolttoaineiden valmistaminen aiheuttaa jonkin verran päästöjä teollisuudessa, maataloudessa ja maankäyttösektorilla. Biopolttoaineesta ja sen raaka-aineesta riippuu, kuinka paljon ja missä maassa. Liikennesektorilla biopolttoaineet lasketaan kuitenkin nollapäästöisiksi, kunhan ne täyttävät EU:n kestävyyskriteerin: 35 % fossiilisia polttoaineita pienemmät päästöt ennen vuotta 2017 ja 50 % fossiilisia polttoaineita pienemmät päästöt vuodesta 2017 alkaen.

Liikenne- ja viestintäministeriön ilmastopoliittisessa ohjelmassa pyritään taoudellisen ohjauksen keinoin vaikuttamaan liikennesuoritteiden määriin sekä liikennemuotoihin. Ensimmäisiä keinoja ovat henkilöautokannan uudistaminen

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

(EU:n sitova CO₂-raja-arvo henkilöautoille ja pakettiautoille, CO₂-porrastettu auto- ja ajoneuvovero, energiaverouudistus ja informaatio-ohjaus), liikenteen energiatehokkuuden parantaminen (liikenteen energiatehokkuussopimukset, taloudellisen ajotavan koulutus, liikenteen sujuvuuden hallinta, energiatehokkuus tievalaistuksessa ja muu energiatehokkuus) sekä joukko- ja kevytliikenteen edistäminen (liikennejärjestelmä- ja yhdyskuntarakenteen suunnittelu, joukkoliikenteen edistäminen, kävelyn ja pyöräilyn edistäminen ja liikkumisen ohjaus).

Jos yllä luetelluilla toimilla ei saavuteta riittäviä päästövähennyksiä tai siirrytään -30 %:n tavoitteeseen, on mahdollista, että joudutaan ottamaan käyttöön raskaammat liikennemääriä rajoittavia keinoja, kuten esimerkiksi ruuhkamaksuja ja tienkäyttömaksuja.

3.2.2 Liikenteen uusi perusura

Liikenne- ja viestintäministeriö julkaisi 26.9.2011 uuden liikenteen nykytoimiuran, jossa päästöjen ennakoidaan laskevan noin 10,5 Mt CO₂ ekv:n tasolle vuonna 2020 (LVM 2011). Muutos edelliseen nykytoimiuraan, jossa päädyttiin tasolle 11,9 Mt CO₂ ekv, on noin 12 %.

Uuden perusuran pienempi päästötaso johtuu ennen kaikkea 15 %:n biopolttoaineosuudesta ja ennakoitua nopeammin parantuneesta polttoainetehokkuudesta. Uutta perusuraa ei voitu ongelmitta ottaa mukaan tähän raporttiin, sillä se muuttaa lisätoimien potentiaalia ja osoittautui vuoden 2011 aikana ehkä hieman liian optimistiseksi uusien autojen ostonopeuden osalta.

Liikenteen uusi perusura saattaa helpottaa tavoitteen saavuttamista merkittävästi.

3.2.3 Muita arvioita liikenteen päästövähennyskeinoista

Lahden ym. (2010) selvityksessä liikenteen päästöihin vaikuttavina toimina mainitaan liikennejärjestelmien suunnittelu, joukkoliikenteen sekä kävelyn ja pyöräilyn edistäminen, liikenteen ohjaus ja liikkumistottumuksiin vaikuttaminen. Joukkoliikenteen edistämisen arvioitu päästövähennys vuonna 2020 on noin 0,15 Mt CO₂ ekv, kävelyn ja pyöräilyn edistämisen noin 0,12–0,15 Mt CO₂ ekv ja henkilöautoliikenteen määrän ja siihen vaikuttamisen 2,4–4 Mt CO₂ ekv.

Motiva (2011a) esittää liikenteen määriin ja kulkutapajakaumiin vaikuttaviksi keinoiksi liikennejärjestelmän hallinnan ja liikkumisen ohjauksen. Tällöin esimerkiksi auton käytön tarvetta voidaan vähentää liikennejärjestelmän ja maan-

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

käytön vuorovaikutteisella suunnittelulla. Liikenteen jakautumista liikennemuotojen kesken voidaan ohjata liikenneinfrastruktuurin ja -palvelujen tarjonnalla sekä niiden käytön hinnoittelulla. Liikkumisen ohjauksessa keinoina ovat kannustavat ja informatiiviset tavat maankäytön suunnittelun ohella. Autoilun päästöjä voidaan vähentää myös edistämällä autolla tehtävien matkojen ketjuttamista, kimpakyytejä, joukkoliikenteen käyttöä sekä taloudellista ajotapaa. Lisäksi päästöjä voidaan vähentää ajoneuvojen moottoritekniikan parannuksilla ja käyttämällä vaihtoehtoisia polttoaineita fossiilisten polttoaineiden sijaan.

3.3 Maatalous (CRF-luokka 4)

3.3.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Maatalouden päästöt ovat jakautuneet useille sektoreille nykyisessä tavassa tilastoida kasvihuonekaasupäästöt. Maatalouden asuin- ja tuotantorakennusten lämmityksen päästöt kuuluvat rakennusten lämmitykseen. Tuotantorakennusten lämmityksen päästöt siirrettiin rakennusten lämmitykseen vuonna 2011. Maatalouden työkoneiden päästöt kuuluvat työkoneiden päästöihin (eli liikennesektorille kansainvälisissä tilastoissa). Näiden lisäksi maatalouden päästöt jaetaan joko maatalouden (CRF-luokka 4) tai maankäytön päästöihin (LULUCF) riippuen päästölähteestä ja kasvihuonekaasusta. Tässä luvussa tarkastellaan ainoastaan CRF-luokan 4 päästöjä, jotka aiheutuvat pääasiassa märehitijöistä, lannankäsittelystä ja maatalousmaista.

Maataloussektorin päästöjen kehitys on arvioitu tilastojen ja MTT:n raportin (Regina ym. 2011) perusteella. Nykytoimin saavutettavat päästötaso on arvioitu MTT:n raportissa esitetyn perusskenaarion mukaisesti. Tällöin oletetaan, että eloperäisten maiden pinta-alan kasvu (eli mm. metsän raivaaminen pelloksi turvemaalla) jatkuu nykyistä vauhtia, jolloin päästöt nousevat 10 % ilman uusia vähennystoimia vuoteen 2020 mennessä. Pellonraivaamisen taustalla arvioidaan olevan tarve maa-alalle lannanlevitykseen, jonka vuoksi on raivattu lisää viljelypinta-alaa.

MTT:n raportissa listataan 12 eläintuotantoon ja lannankäsittelyyn, maaperän N₂O-päästöihin ja maankäytön päästöihin kohdistuvaa lisätoimea. Merkittävä osa raportoiduista keinoista vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta, esim. päästöjen kenttämittauksia tai arvioita satovaikutuksista. Raportin keinoista vain nurmi-kasvien lisääminen eloperäisillä mailla arvioitiin toteutuskelpoiseksi vuoteen 2020 mennessä. Taulukkoon 3.4 on koottu selvityksessä esitetyt päästövähenn-

nystoimet sekä niiden vähennyspotentiaalit. Maankäyttöön vaikuttavat toimet pienentäisivät maataloussektorin lisäksi myös merkittävästi LULUCF-sektorin päästöjä.

MTT:n lisätoimiskenaariossa eloperäisten maiden pinta-alan oletettiin kasvavan kuten perusskenaariossa, mutta vuosina 2008–2020 nurmen osuutta eloperäisillä mailla lisättiin 44 %:sta 80 %:iin. Nurmikasvien osuuden lisääminen vähentäisi päästöjä mm. vähentyneen maanmuokkaustarpeen kautta. Käytetyt arviot nykytoimi- ja lisätoimiskenaarioiden päästöjen kehityksestä on esitetty taulukossa 3.5. Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että maatalouden osuus kokonaispäästöistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 keskimäärin

Vaikka raportin keinoista voitaisiin toteuttaa ainoastaan nurmikasvien viljely eloperäisillä mailla, saattaa uusiutuvan energian lisäämiseksi säädetty biokaasun syöttötariffi vaikuttaa myös maatalouden päästöihin. Jos suljetuissa biokaasureaktoreissa käytettäisiin raaka-aineena lantaa, voisi se vähentää lannankäsittelyn päästöjä tai jopa tarvetta uusien peltojen raivaamiseen.

Käsiteltyjen epävarmuuksien lisäksi maatalouden päästöihin liittyy myös biologisia ja tilastollisia epävarmuuksia, jotka vaikuttavat siihen, miten toteutunut kehitys siirretään päästötilastoiksi. Tätä epävarmuutta ei huomioida tässä raportissa, mutta se on yksi monimutkaistava tekijä lisää, kun pyritään vähentämään päästöjä maataloussektorilla.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.4. MTT:n esittämät maatalouden päästövähennyskeinot (Regina ym. 2011).

Päästövähennyskeino	Päästövähennelmä 2020		Vähennyskustannus	
	(Mt CO ₂ ekv)		(€/t CO ₂ ekv)	
	Ei-PKS	LULUCF	Vain ei-PKS	Ei-PKS ja LULUCF
Eläintuotantoon ja lannankäsittelyyn kohdistuvat toimet				
Nautojen ruokintamuutokset	0,18		ei tiedossa	
Eliniän pidentäminen	?		ei tiedossa	
Lihankulutuksen aleneminen	?		ei tiedossa	
Biokaasu (puolet isoista tiloista)	0,02		100–550 €/MWh	
Maaperän N₂O-päästöihin kohdentuvat toimet				
Typpilannoituksen tarkentaminen	0,2		epävarma	
Talviaikainen kasvipeitteisyys	ei esitetty arviota		ei tiedossa	
Täsmäviljely	0,04			
Nitrifikaatioinhibiittorit	0,2		epävarma	
Maankäyttöön liittyvät toimet				
MTT:n alkuperäisestä taulukosta ilman maankäytön CO ₂ -vähennyksiä, jotka osa LULUCF-sektoria.				
Eloperäisten viljelymaiden pinta-alan vakauttaminen nykytasolle	0,65	0,65	ei tiedossa	
Nurmen osuuden lisääminen eloperäisillä mailla ¹	0,56	0,66	26 €/t ²	12 €/t ²
Eloperäisen pinta-alan vakauttaminen ja nurmen osuuden lisääminen	0,66	1,33	18 €/t ²	6 €/t ²
Vedenpinnan nosto nykyisellä nurmipinta-alalla (sääätösalaojitus)	0,07	0,55	230 €/t ²	26 €/t ²
Vedenpinnan nosto koko nykypinta-alalla (sääätösalaojitus)	0,25	1,38	140 €/t ²	26 €/t ²

¹ On osana WAM-skenaariota.

² MTT raportoi kokonaiskustannukset ja vuoden 2020 päästövähennykset. Kumulatiiviset päästövähennykset on laskettu olettamalla, että päästövähennysten määrä kasvaa lineaarisesti nykyhetkestä vuoteen 2020.

Taulukko 3.5. Käytetyt arviot maatalouden päästöistä (Mt CO₂ ekv) nykyisin toimin ja lisätoimin (Tilastokeskus 2011 ja Regina ym. 2011, ks. myös taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020
WM	6,7	5,8	5,9	5,7	5,9	6,3
WAM	6,7	5,8	5,9	5,7	5,9	5,7

3.4 Rakennusten lämmityksen ei-PKS-osuus

3.4.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Rakennusten lämmityksen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan tarkastella usealla eri taserajalla. Joskus tarkasteluun sisällytetään pelkästään erillislämmitys ja joskus paljon laajemmin esimerkiksi myös sähkön- ja lämmöntuotannon päästöt. Tässä on otettu huomioon rakennusten lämmityksen ei-PKS-osuus, johon laskeetaan kaikki erillislämmityksen päästöt ja osa päästökaupan ulkopuolisesta sähkön ja lämmöntuotannon päästöistä. Loput päästökaupan ulkopuolisesta sähkön- ja lämmöntuotannosta (teollisuuden osuus) kuuluu muihin ei-PKS-päästöihin.

Ei-päästökaupasektorin päästöt rakennusten lämmityksestä olivat vuonna 2005 noin 4,9 Mt CO₂ ekv (Tilastokeskus 2011). Päästöt aiheutuvat polttoaineiden käytöstä liike- ja palvelurakennuksissa sekä julkisissa rakennuksissa, asuinrakennuksissa, maatalouden tuotantorakennuksissa ja kauko- ja aluelämpölaitosten energiantuotannossa. Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että rakennusten erillislämmityksen päästöjen osuus kokonaispäästöistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 keskimäärin. Rakennusten lämmityksen päästöjen ei-PKS-osuus on esitetty taulukossa 3.6.

Taulukko 3.6. Ei-PK-sektorin osuus rakennusten lämmityksen päästöistä vuosina 1990 sekä 2005–2009 (Tilastokeskus 2011).

	CRF	1990	2005	2006	2007	2008	2009
Rakennusten lämmityksen ei-PKS-osuus		6,7	4,9	4,8	4,7	4,5	4,6
Liike- ja palvelurakennukset ja sekä julkiset rakennukset	1A4a	1,9	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
Asuinrakennukset	1A4b	3,3	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4
Maatalouden tuotantorakennukset	1A4c (osa)	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9
Energian tuotanto (kauko- ja aluelämpölaitokset)	1A1a (osa)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4

Nykytoimiskenaariossa liike- ja palvelurakennusten ja julkisten rakennusten sekä asuinrakennusten päästöjen kehitys on arvioitu ERA17-hankkeessa (loppuraportti: Martinkauppi 2010) esitetyn asuin- ja palvelurakennusten öljyn ja maakaasun käytön aiheuttamien päästöjen ennusteen suuntaisesti (raportin laskel-

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

ma 2). Raportissa esitetty trendi on siten sovitettu vuoden 2010 päästömäärästä tehtyyn arvioon, ja vuonna 2020 näistä lähteistä saavutettaisiin nykyisin toimin noin 2,5 Mt CO₂ ekv päästöt. ERA17-hankkeen nykytoimiskenaariossa on huomioitu uusiutuvien energialähteiden lisääntyminen. Nykytoiminkin näiden rakennusten erillislämmityksen päästöjen arvioidaan laskevan, muun muassa koska öljykattiloista luovutaan ja vanhaa rakennuskantaa uudistetaan.

Maatalouden tuotantorakennusten päästöjä ei käsitelty ERA17-hankkeessa, joten niiden oletettiin pysyvän vuoden 2009 tasolla (0,9 Mt CO₂ ekv) sekä nykytoimi- että lisätoimiskenaarioissa vuoteen 2020 asti. Kauko- ja aluelämpölaitosten energiantuotannon aiheuttamien päästöjen arvioidaan molemmissa skenaarioissa laskevan lineaarisesti vuoden 2009 tasosta (0,4 Mt CO₂ ekv) vuoteen 2020 mennessä tasolle 0,3 Mt CO₂ ekv. Tämä oletus vastaa historiallista kehitystä, minkä lisäksi metsähakkeen käyttöä lisätään tällä hetkellä voimakkaasti myös pienissä lämpökattiloissa.

Lisätoimiskenaarioissa asuinrakennusten ja liike- ja palvelurakennusten sekä julkisten rakennusten päästöjä on arvioitu kahdella eri tavalla aiemmassa tutkimuksessa (Hast ym. 2011) muodostetun mallin avulla. Ensimmäisessä lisätoimiskenaariossa (WAM1) saavutetaan päästövähennys, joka vastaa asuinrakennusten öljykattiloiden korvaamista niiden käyttöiän lopussa. Öljykattiloiden korvaaminen käyttöiän lopussa vuodesta 2010 alkaen tuottaisi vuonna 2020 noin 0,44 Mt CO₂ ekv:n päästövähennyksen. Toisessa lisätoimiskenaariossa (WAM2) sitä vastoin käytetään oletusta, että kaikki öljykattilat korvataan ennaikaisesti. Mallin tulosten perusteella öljykattiloiden ennaikaisella korvaamisella saavutetaan vuoden 2020 päästöissä noin 1,2 Mt CO₂ ekv:n päästövähennys perusuraan verrattuna. Öljykattiloiden ennaikaiseen korvaamiseen liittyy suhteellisen korkeita kustannuksia ja mahdollisesti vaikea toteutettavuus.

Arviot nyky- ja lisätoimin saavutettavista päästöistä on esitetty taulukossa 3.7. Rakennusten lämmityksen päästöjä tarkasteltaessa on kuitenkin syytä huomioi-da, että niiden kehitykseen sisältyy merkittävää epävarmuutta. Rakennuskannan energiatehokkuutta parannetaan käytännössä uudis- ja korjausrakentamisen rakennusmääräyksillä, mutta niiden päästövähennysvaikutukset ovat pitkäaikaisia eivätkä välttämättä näy vielä täysin vuoteen 2020 mennessä. Sektorin kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa rakennuskantaan kohdistuvien toimien lisäksi esimerkiksi yhdyskuntarakenteen kehitys, johon suunnatut toimet ovat osin päällekkäisiä esimerkiksi liikenteen ja energiahuollon kanssa.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.7. Käytetyt arviot rakennusten lämmityksen päästöjen (Mt CO₂ ekv) kehityksestä vuoteen 2020 asti. (Tilastokeskus 2011 ja Martinkauppi 2010, ks. taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020
WM	6,7	4,9	4,5	4,6	4,6	3,8
WAM1	6,7	4,9	4,5	4,6	4,6	3,4
WAM2	6,7	4,9	4,5	4,6	4,6	2,6

3.4.2 Muita arvioita rakennusten lämmityksen päästövähennyskeinoista

ERA17:n taustamateriaalissa (Lahti ym. 2010) tarkastellaan kokonaisuutena kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen päästöjä, joihin sisältyvät tällöin muun muassa liikenteen ja rakennusten lämmityksen päästöt. Selvityksessä näitä päästöjä ei siten ole kuitenkaan luokiteltu päästökauppasektoriin ja ei-päästökauppasektoriin sekä sen eri alasektoreihin. Selvityksessä esitetyistä, yhdyskuntarakenteeseen vaikuttavista ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentävistä toimenpiteistä lämmityssektorin päästöihin arvioidaan vaikuttavan suunnittelun keinoin tehtävän eheyttämisen (esimerkiksi asemaseutujen tiivistäminen ja täydennysrakentaminen), maa- ja asuntopolitiikan sekä taloudellisen ja tuotannollisen ohjauksen (esimerkiksi energiatehokkuutta edistämällä ja energialähteiden ja -tuotantomuotojen hinnoittelulla).

Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM 2011) raportissa rakennusten lämmityksen päästöjen vähentämiskeinoina mainitaan energiatehokkuuden, kuten rakennusten eristyksen ja uusiutuvan energian käytön, lisääminen. Rakennusten lämmityksen päästöjä voidaan Motivan (2011c) mukaan vähentää erityisesti rakennusvaiheessa tehtävillä valinnoilla ja suunnittelulla. Kuluttajien tekemää energiatehokkuuden vertailua voidaan helpottaa energiatodistusten avulla. Lämmityksen päästöjä voidaan vähentää lämmitysjärjestelmän valinnan lisäksi vähentämällä lämmitysenergian tarvetta eristystä ja tiiviyttä parantamalla.

Lisäksi on esitetty bioöljyn sekoittamista lämmitysöljyyn. Tämä kohdistuisi asuinrakennusten lisäksi myös liikerakennuksiin ja maatalouden tuotantorakennuksiin, mutta tarvittavan bioöljyn tuottaminen voisi olla haastavaa, sillä myös liikenteen biopolttoaineiden määrää joudutaan lisäämään merkittävästi. Lisäksi biodieseliä on suunniteltu vähennyskeinoksi myös työkoneisiin. Omalla tavallaan voisikin olla kannattavampaa käyttää tuotettava bioöljy niissä käyttökohteissa, joissa on vähiten muita vähennyskeinoja.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

On huomioitava myös se, että biopolttoaineiden valmistaminen aiheuttaa jonkin verran päästöjä teollisuudessa, maataloudessa ja maankäyttösektorilla. Biopolttoaineesta ja sen raaka-aineesta riippuu kuinka paljon ja missä maassa. Biopolttoaineet kumminkin laskettaisiin nollapäästöisiksi kuten liikenteessä, kunhan ne täyttävät EU:n kestävyyskriteerin: 35 % fossiilisia polttoaineita pienemmät päästöt ennen vuotta 2017 ja 50 % fossiilisia polttoaineita pienemmät päästöt 2017–2020.

3.5 Työkoneet

3.5.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Työkoneiden hiilidioksidipäästöistä on hyödynnetty ympäristöministeriön sektoriselvityksen arvioita, jotka liittyvät Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiaan (YM 2008). Strategiassa on esitetty arviot vuosien 2020 ja 2050 päästömäärille nykyisin toimin. Arvion mukaan vuoden 2015 jälkeen päästöt vähenevät hieman hitaammin kuin ne ovat siihen saakka kasvaneet, ja vuonna 2050 päästöt ovat 1990-luvun tasolla (2,5 Mt CO₂ ekv). Strategian lisätoimiskenaariossa edellytetään, että kaikessa työkonepolttoaineessa biokomponentin osuus on 10 % vuonna 2020 ja 20 % vuonna 2050. Siten vuonna 2020 työkoneiden päästöt olisivat 2,38 Mt CO₂ ekv ja 2 Mt CO₂ ekv vuonna 2050.

Tässä raportissa nykytoimiskenaario on muodostettu sovittamalla vuoden 2010 arvioituun päästömäärään Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa (YM 2008) esitetyn ennusteen suuntainen trendi. Lisäksi lisätoimiskenaariota on päivitetty siten, että vähennykset nykytoimiskenaarioon verrattuna alkavat vasta vuoden 2012 jälkeen alkuperäisen lisätoimiskenaarion suuntaisina. Tällöin vuonna 2020 nykyisin toimin saavutetaan noin 2,7 Mt CO₂ ekv:n päästöt ja lisätoimin noin 2,5 Mt CO₂ ekv (taulukko 3.8). Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että työkoneiden osuus kokonaispäästöistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 keskimäärin.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.8. Käytetyt ennusteet työkoneiden aiheuttamista päästöistä (Mt CO₂ ekv) vuoteen 2030 asti nykytoimi- ja lisätoimiskenaarioissa (Tilastokeskus 2011 ja YM 2008, ks. taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020	2030
WM	2,4	2,6	2,6	2,3	2,5	2,7	2,8
WAM	2,4	2,6	2,6	2,3	2,5	2,5	2,4

3.5.2 Muita arvioita työkoneiden päästövähennyskeinoista

Motivan (2011b) Maatilojen energiaohjelmassa maatilojen päästövähennyskeinoina mainitaan työkoneiden käytön vähentäminen työskentelyn suunnittelulla ja työvaiheiden yhdistäminen sekä energiankulutuksen pienentäminen urakoinnin ja koneiden yhteiskäytön avulla.

Hast ym. (2011) tarkastelivat työkoneiden päästövähennyskeinona metsätähdedieselin käytön lisäämistä työkoneissa siten, että vuonna 2020 biokomponentin osuus käytetystä polttoaineesta on 10 %. Näin työkoneissa saavutettaisiin noin 0,3 Mt CO₂ ekv:n päästövähennys vuonna 2020.

3.6 Jätehuolto

3.6.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Tässä raportissa käytetään Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiaan liittyvässä ympäristöministeriön sektoriselvityksessä (YM 2008) esitettyjä arvioita jätehuollon päästöjen kehityksestä nykyisin toimin ja lisätoimin. Skenaarioissa päästöt jaetaan kaatopaikkasijoituksesta, kompostoinnista ja jäteveden käsittelystä aiheutuviin päästöihin. Massapolton päästöt päästökauppasektorin ulkopuolella jätetään huomioimatta.

Jätesektorin lisätoimina on huomioitu kierrätykseen soveltumattoman jätteen polton ja mädätyksen edistäminen alueellisen jätehuollon, ympäristölupajärjestelmän kehittämisen, jätetuun polton ympäristövaatimusten keventämisen, jätehuollon ohjauksen ja jätteen mädätyksen edistämisen avulla. Lisäksi biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksesta luovutaan vaiheittain ja biokaasun talteenottoa ja hyödyntämistä kaatopaikoilla lisätään. Jätevedenkäsittelyn metaanipäästöjä vähennetään liittämällä haja- ja loma-asutusalueita keskitettyihin viemärijärjestelmiin.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Nykyisin toimin jätesektorin kokonaispäästöt ovat vuonna 2020 noin 1,84 Mt CO₂ ekv ja vuonna 2050 noin 1,46 Mt CO₂ ekv. Lisätoimin päästöt ovat vuonna 2020 noin 1,7 Mt CO₂ ekv ja vuonna 2050 noin 1,17 Mt CO₂ ekv.

Sekä nyky- että lisätoimin päästöjen oletetaan kehittyvän lineaarisesti vuoden 2010 arvioidun päästömäärän ja skenaarioiden mukaisten, vuodelle 2020 tehtyjen päästöennusteiden välillä. Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että jätehuollon osuus kokonaispäästöistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 keskimäärin. Jätesektorin päästöjen kehitys nykytoimi- ja lisätoimiskenaariossa on esitetty taulukossa 3.9².

Taulukko 3.9. Käytetyt arviot jätesektorin päästöjen kehityksestä (Mt CO₂ ekv) (Tilastokeskus 2011 ja YM, 2008, ks. taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020	2050
WM	4,0	2,43	2,31	2,27	2,39	1,84	1,46
WAM	4,0	2,43	2,29	2,24	2,39	1,71	1,17

3.6.2 Muita arvioita jätehuollon päästövähennyskeinoista

Taulukon 3.8 mukaisia, vuoteen 2020 ulottuvia tuloksia on esitetty myös työ- ja elinkeinoministeriön (TEM 2011) raportissa. siinä nykytoimiskenaarion on oletettu sisältävän kaatopaikkadirektiivin sekä kansallisen lainsäädännön kaatopaikoille toimitettavan jätteen määrän pienentävät vaikutukset. Lisätoimiskenario sisältää jätteen polton ja mädätyksen edistämisen, biojätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisen sekä kaatopaikoilla tehtävän biokaasun keruun ja hyödyntämisen lisäämisen. Lisäksi parannetaan haja-asutusalueiden jäteveden käsitteilyä.

Valtakunnallisen jätesuunnitelman (Huhtinen ym. 2007) mukaan suurin osa (94 %) jätehuollon päästöistä syntyy jätteiden kaatopaikkasijoituksesta. Loput päästöt syntyvät jätteen keräyksestä, kuljetuksesta ja muista jätteen käsittelymenetelmistä. Merkittävimäksi päästövähennyskeinoksi esitetään biohajoavan

² Mikäli massapolton päästöt huomioidaan ei-päästökauppasektorilla, ovat jätehuollon päästöt vuonna 2020 ilmasto- ja energiastrategian arvion mukaan nykytoimin noin 2,07 Mt CO₂ ekv ja lisätoimin 2,14 Mt CO₂ ekv.

jätteen kaatopaikkasijoituksen säätelyä. Kaatopaikoille aiempina vuosina sijoitetun jätteen aiheuttamat metaanipäästöt vapautuvat kuitenkin vielä parikymmentä vuotta, minkä vuoksi biohajoavan jätteen loppusijoituksen vähentämisen lisäksi kaasun talteenotto ja hyödyntäminen ovat merkittäviä päästöjä vähentäviä toimia.

Aiemmassa tutkimuksessa (Hast ym. 2011) muodostetussa mallissa jätehuollon päästövähennyskeinoiksi arvioitiin orgaanisen aineksen kaatopaikkasijoituksen täyskielto, kaatopaikkojen metaanin talteenotto sekä kaatopaikkojen metaanin hapetus. Keinot ovat päällekkäisiä, joten niillä saavutettavia täysiä päästövähennyspotentiaaleja on tutkittu vertaamalla saavutettavia päästöjä tilanteessa, jossa yksittäinen toimi aloitetaan vuonna 2010, päästöihin, jotka saavutettaisiin ilman mitään mallin vähennystoimia. Tällöin orgaanisen aineksen kaatopaikkasijoituksen täyskiellolla saavutettaisiin vuoden 2020 päästöissä noin 0,3 Mt CO₂ ekv:n vähennys, kaatopaikkojen metaanin talteenotolla noin 0,3 Mt CO₂ ekv:n vähennys ja kaatopaikkojen metaanin hapetuksella noin 0,6 Mt CO₂ ekv:n vähennys. Mikäli kaikki kolme keinoa toteutetaan niin, että niiden päällekkäiset vaikutukset huomioidaan, kokonaisvähennyspotentiaaliksi saadaan noin 0,6 Mt CO₂ ekv.

3.7 F-kaasut

Fluorattujen kasvihuonekaasujen käytöstä aiheutuvien päästöjen arvioinnissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen raporttia (Lindh 2010). F-kaasupäästöjä koskeva EU-tason politiikan tiukentaminen on selvityksen alla. Sillä voi myöhemmin olla vaikutus lisätoimiuran päästömääriin.

Selvityksessä (Lindh 2010) on muodostettu päästölähteittäin erikseen ennusteet kylmä- ja ilmastointilaitteiden, aerosolien ja saumaeristeiden, sähkönjakelulaitteiden, solumuovien ja muiden lähteiden aiheuttamiin päästöihin. Suurimman osan F-kaasujen kokonaispäästöistä muodostavat kylmä- ja ilmastointilaitteet, joille Suomen ympäristökeskuksen raportissa on päivitetty WM- ja WAM-skenaarioiden ennusteet. Ennusteet on päivitetty perustuen Alajan (2009) raportissa esitettyihin skenaarioihin. Tällöin sekä nykytoimi- että lisätoimiskenaario sisältävät F-kaasujen käytöstä esitetyn määräyksen (EC 2006) sekä autojen ilmastointilaitteita koskevan direktiivin (Directive 2006/40/EC) vaikutukset. Lisätoimiskenaariossa on lisäksi oletettu, että HFC-aineiden käyttö kielletään uusissa kylmä- ja ilmastointilaitteissa vuoden 2015 jälkeen.

Valitun nykytoimiskenaarion mukaan F-kaasujen käytön aiheuttamat päästöt vuonna 2020 ovat noin 0,73 Mt CO₂ ekv. Lisätoimiskenaarioksi on valittu rapor-

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

tin (Lindh 2010) ennuste WAM 2, jonka mukaan päästöt vuonna 2020 ovat noin 0,66 Mt CO₂ ekv. Päästöjen on oletettu kehittyvän lineaarisesti vuosina 2010–2020 siten, että vuoden 2020 ennuste vastaa kirjallisuudessa esitettyjä päästö-määriä. Vuoden 2010 päästöistä on oletettu, että F-kaasujen osuus kokonaispääs-töistä (ennakkotieto 31,9 Mt CO₂ ekv) on sama kuin vuosina 2008 ja 2009 kes-kimäärin. Käytetyt arviot päästöjen kehityksestä on esitetty taulukossa 3.10.

Taulukko 3.10. Käytetyt arviot F-kaasujen aiheuttamien päästöjen kehityksestä (Mt CO₂ ekv) (Tilastokeskus 2011 ja Lindh 2010, ks. myös taulukko 3.2).

	1990	2005	2008	2009	2010	2020	2050
WM	0,1	0,9	1,0	0,9	0,96	0,73	0,81
WAM	0,1	0,9	1,0	0,9	0,96	0,66	0,29

3.7.1 Muita arvioita F-kaasujen päästövähennyskeinoista

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastategiassa (ks. YM 2008) esitetyn arvion mukaan kylmä- ja ilmastointilaitesektorin päästöt muodostavat noin 80 % Suo-men kaikista F-kaasupäästöistä. Lisätoimin kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää vuoteen 2020 mennessä arviolta 0,07 Mt CO₂ ekv ja vuoteen 2050 mennessä arviolta 0,52 Mt CO₂ ekv nykyisiin toimiin verrattuna. Lisätoimilla tarkoitetaan tällöin F-kaasuille vaihtoehtoisten ratkaisujen edistämistä informaatio-ohjauksen avulla. Lisäksi F-kaasujen käyttö kielletään osittain kylmä- ja ilmastointilaitteissa sekä solumuovien paisuteaineena ja aerosolien ponnekaasu-na niiltä osin, kuin se on teknisesti mahdollista. Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM 2011) raportissa F-kaasujen vähentämistoimina tarkastellaan F-kaasujen käytön korvaamista muilla tavoilla sekä käytön osittaista kieltoa.

3.8 Muut ei-PKS-päästöt

3.8.1 Nykytoimi- ja lisätoimiskenaario

Muut päästökaupan ulkopuoliset päästöt sisältävät laajan kirjon pienempiä pääs-tölähteitä. Luokkaan kuuluu mm. energiaperäisiä päästöjä pienistä laitoksista ja päästökauppaan kuulumattomilta toimialoilta, päästökauppalaitosten N₂O- ja CH₄-päästöjä sekä liuottimien päästöjä. Tarkempi lista muiden päästöjen sisäl-tämistä päästöluokista ja niiden päästöistä on esitetty taulukossa 3.11.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.11. Muut ei-PKS-päästöt vuosina 1990 ja 2005–2009 (Tilastokeskus 2011).

	CRF	1990	2005	2006	2007	2008	2009
Muut päästöt: Yhteensä		4,3	3,2	3,3	3,2	3,1	2,9
Muut päästöt: Muut energiaperäiset		4,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,7
Energian tuotanto (teollisuutta palvelevat lämpölaitokset)	1A1 (osa)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Teollisuuden polttoaineet	1A2	1,7	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9
Kalastusalukset	1A4c (osa)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muu polttoaineiden käyttö	1A5a (osa)	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
Raaka-aineiden polttoainekäyttö	1A5a (osa)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Energiasektorin epäsuorat päästöt	1A5al	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Polttoaineiden haihtumapäästöt	1B (osa)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muut päästöt: Prosessipäästöt		0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Mineraaliteollisuus	2A	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kemian teollisuus	2B	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Rauta- ja terästeollisuus	2C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Teollisuuden epäsuorat päästöt	2A-D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muut päästöt: Liuottimet	3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Vaikka tämän luokan päästöt ovat yhteenlaskettuna kohtalaisen suuret, on päästöjen ja vähennyskeinojen tarkempi tarkastelu hankalaa päästölähteiden hajanaisuuden vuoksi. Noin puolet muista päästöistä on päästökaupan ulkopuolista teollisuutta, noin kolmasosa muuta polttoaineiden käyttöä ja kaikki muut kokonaisuudet ovat merkittävästi pienempiä. Koska muut päästöt ovat kaatoluokka, mikään ministeriö ei tällä hetkellä suoranaisesti ole vastuussa niiden päästövähennyksistä.

Tässä työssä on oletettu, että nykytoimiskenaariossa muut päästöt pysyvät vuosien 2008–2009 tasolla, sillä niihin ei tällä hetkellä ole suunniteltu päästövähennyskeinoja. Myös lisätoimin arvioidaan saavutettavan sama päästömäärä kuin nykyisin toimin. Käytetyt arviot on esitetty taulukossa 3.12. On kuitenkin mahdollista, että muut päästöt jatkavat laskuaan myös tulevaisuudessa.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.12. Arvio ei-päästökauppasektorin muiden päästöjen (Mt CO₂ ekv) kehityksestä vuoteen 2020 asti nykyisin toimin ja lisätoimin.

	1990	2005	2008	2009	2010	2020
WM	4,3	3,2	3,1	2,9	3,0	3,0
WAM	4,3	3,2	3,1	2,9	3,0	3,0

3.8.2 Muita arvioita 'muiden ei-PKS-päästöjen' vähennyskeinoista

Sitran raportissa (Vehviläinen ym. 2009) päästökaupan ulkopuolisen teollisuuden päästövähennyskeinoiksi mainitaan koneiden ja laitteiden energiatehokkuuden säätelytoimet, ESCO-toiminnan kehittäminen, paikallinen energianeuvonta sekä energiatehokkuuden edistäminen informaatio-ohjauksella (tuotemerkinnät) tai taloudellisella ohjauksella (esimerkiksi laitteiden energiatehokkuuden verottaminen).

Lisäksi metsähakkeen käytön lisääminen saattaa pienentää päästökaupan ulkopuolista teollisuutta palvelevien lämpölaitosten päästöjä.

3.9 Yhteenvedo nykytoimi- ja lisätoimurista

Koko ei-päästökauppasektorin päästöjen kehittymistä voidaan arvioida laskeamalla yhteen yksittäisten sektorien päivitettyt ennusteet. Tässä raportissa muodostetut WM- ja WAM-urat vastaavat pääpiirteittäin aikaisemmissa julkaisuissa käytettyjä uria, kuten Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian (TEM 2008) tai politiikkatoimiraportin (TEM 2011) päästöuria, mutta niissä on otettu huomioon viimeaikainen kehitys ja uusimmat politiikkatoimet. Tämän raportin WM- ja WAM-urien sisältämät oletukset ja toimet on selitetty tarkemmin luvussa 2 ja koottu liitteisiin B ja C.

Taulukossa 3.13 on esitetty koostetut ei-päästökauppasektorin nyky- ja lisätoimiurat. Ei-PKS-päästöt ovat laskeneet vuodesta 2005 hieman, ja arvioiden mukaan ne jatkaisivat laskuaan myös nykytoimurassa. Nykytoimilla ei-PKS-päästöjen arvioidaan laskevan hieman yli 2 Mt CO₂ ekv vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella suurimmat vähennykset saavutettaisiin rakennusten lämmityksessä sekä liikenteessä ja jätehuollossa. Maatalouden päästöt ovat viime vuosina kuitenkin kääntyneet nousuun, ja niiden ennakoitaan kasvavan noin 10 % vuoteen 2020 mennessä.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Lisätoimilla voitaisiin saavuttaa parhaimmillaan noin 4,5 Mt CO₂ ekv:n päästövähennys verrattuna vuoteen 2005. Tässä skenaariossa suurimmat vähennykset saavutettaisiin liikennesektorilla sekä rakennusten lämmityksessä riippuen siitä, korvataanko öljykattiloita ennen niiden käyttöään päättymistä vai ei. Maatalouden päästöjen kasvu saataisiin pysäytettyä käytettävissä olevilla lisätoimilla ja vakiinnutettua ne MTT:n arvion mukaan noin vuoden 2005 tasolle (Regina ym. 2011). Muilla sektoreilla oli kirjallisuuskatsauksen perusteella vain suhteellisen pieniä lisätoimia. Kaikki kirjallisuudessa esitetyt päästövähennyskeinot vastaisivat yhteensä noin 15–17 %:n päästövähennystä vuodesta 2005.

Taulukko 3.13. Ei-päästökauppasektorin vuosittaisten päästöjen WM- ja WAM-skenaariot. Päästöt on ilmoitettu yksikössä Mt CO₂ ekv. Lisätoimiskenaariossa oleva päästöhaarukka ottaa huomioon sen, korvataanko asuinrakennusten öljykattiloita ennenaikaisesti vai ei.

	2005	2008, 2009 ka.		2015 WM (VTT-2011)	2020		2015 WAM (VTT-2011)	2020
Maatalous	5,8	5,8		6,1	6,3		5,8	5,7
Jätehuolto	2,4	2,3		2,1	1,8		2,0	1,7
F-kaasut	0,9	1,0		0,8	0,73		0,8	0,66
Liikenne	12,7	12,4		12,3	12		11,7	10,7
Työkoneet	2,6	2,5		2,57	2,65		2,45	2,4
Rakennusten lämmitys	4,9	4,6		4,2	3,8		3,6–4	2,6–3,3
Muut päästöt	3,2	3,0		3,0	3,0		3,0	3,0
ei-PKS yhteensä (2013 päästökaupparajaus)	32,5	31,4		31,1	30,3		29,4–29,7	27,6–26,8

Taulukossa 3.14 on esitetty sama asia hieman eri näkökulmasta. Taulukossa on sektorikohtaiset päästöt vuonna 2005 sekä kirjallisuuskatsauksen perusteella arvioitu nykytoimilla (WM) saavutettava päästökehitys vuoteen 2020 mennessä sekä lisätoimilla (WAM) saavutettavat päästövähennykset. Nyky- ja lisätoimien päästöt on esitetty muutoksena vuodesta 2005. Taulukon viimeisessä sarakkeessa on esitetty lisätoimien sektorikohtainen vähennyspotentiaali.

3. Sektorien päästöt ja päästövähennyskeinot

Taulukko 3.14. Ei-PK-sektorin vuosipäästöjen kehitys verrattuna vuoteen 2005. Päästöjen yksikkö on Mt CO₂ ekv. Positiivinen luku tarkoittaa kasvavia päästöjä ja negatiivinen luku pienentyviä. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty lisätoimien sektorikohtainen vähennys-potentiaali.

	<u>2005</u>	<u>2020</u>	<u>2020</u>	<u>2020</u>
		<u>WM</u> <u>(VTT-2011)</u>	<u>WAM</u> <u>(VTT-2011)</u>	<u>WM -></u> <u>WAM</u>
Maatalous	5,8	+0,5	-0,1	-0,6
Jätehuolto	2,4	-0,6	-0,7	-0,1
F-kaasut	0,9	-0,17	-0,24	-0,07
Liikenne	12,7	-0,7	-2,0	-1,3
Työkoneet	2,6	+0,05	-0,2	-0,25
Rakennusten lämmitus	4,9	-1,1	-2,3 ... -1,6	-1,2 ... -0,5
Muut päästöt	3,2	-0,2	-0,2	0
ei-PKS yhteensä (2013 päästökaupparajaus)	32,5	-2,2	-5,7 ... -5,0	-3,5 ... -2,8

4. Arvio ei-PK-sektorin tavoitteen saavuttamisesta

Tässä luvussa verrataan edellisessä luvussa päivitettyjä nyky- ja lisätoimiskenaarioita Suomen vuoden 2020 tavoitteisiin (-16 ja -23 %) sekä arvioidaan, kuinka iso osa ei-PK-sektorin tavoitteesta voitaisiin saavuttaa kotimaisin toimin ja kuinka paljon lisävähennyksiä päästöyksiköiden käyttö mahdollistaa. Lisäksi tässä on tehty alustava suuruusluokka-arvio vuoden 2030 tavoitteen saavuttamisesta, ja lopuksi tuloksia on verrattu muihin vastaaviin arvioihin.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella ei voida arvioida päästövähennystavoitteiden saavuttamisen kustannuksia, sillä kustannusarvioita löytyi vain muutamasta lähteestä.

4.1 Nykyisen -16 % tavoitteen saavuttaminen

Nykyinen 16 %:n vähennystavoite vastaa noin 27 Mt CO₂ ekv:n päästötasoa vuonna 2020 (ks. luku 2), jos tavoite lasketaan vuoden 2013 päästökauppasektorin rajauksella. Tämän päästötason saavuttaminen vaatisi noin 5 Mt CO₂ ekv:n päästövähennyksiä vuodesta 2005.

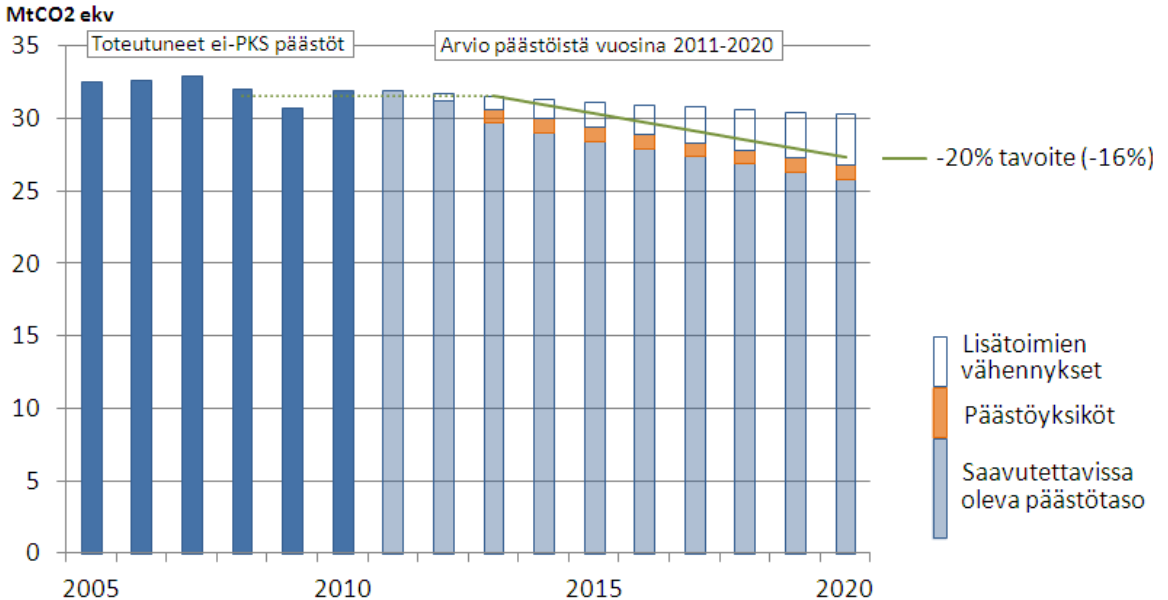
Nykytoimilla päästöt pienenisivät vuodesta 2005 vuoteen 2020 mennessä arviolta 2,2 Mt CO₂ ekv (taulukko 3.14). Lisätoimia ja joustomekanismeja tarvittaisiin siis tavoitteen saavuttamiseksi noin 3 Mt CO₂ ekv:n verran.

Edellisessä luvussa esitetystä lisätoimiskenaariossa olisi mahdollista saavuttaa hieman yli 3 Mt CO₂ ekv:n päästövähennykset. Nykyinen tavoite voitaisiin siis saavuttaa kokonaan kotimaisin toimin, mutta tavoitteen saavuttaminen vaatisi, että suurin osa lisätoimista toteutettaisiin mahdollisimman aikaisin ja tehokkaasti, jotta ne ehtivät vaikuttaa ja vähentää päästöjä riittävästi.

Päästöyksiköitä ostamalla voidaan välttää kaikkein kalleimmat kotimaiset toimet ja tasoittaa päästöjen vuosittaista vaihtelua (ks. vuodet 2005–2010). EU:n taakanjakopäätös sallii, että CDM-mekanismiin päästöyksiköitä voidaan käyttää

4. Arvio ei-PK-sektorin tavoitteen saavuttamisesta

vuosittain 3 % vuoden 2005 päästömäärästä, mikä vastaa Suomessa noin 1 Mt CO₂ ekv päästöyksiköitä vuodessa. Yhteenveto on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Vuosien 2005–2009 toteutuneet päästöt sekä vuoden 2010 ennakkotieto on esitetty tummansinisillä pylväillä. Vuodesta 2011 alkaen kaikkien pylväiden yhteenlaskettu korkeus vastaa nykytoimiskenaariota. Saavutettavissa oleva päästötaso (vaaleansininen pylväs) voidaan laskea nykytoimiskenaariosta, kun siitä vähennetään lisätoimien vähennykset (valkoinen pylväs) sekä käytettävissä olevat päästökiintiöt (oranssi pylväs). Nykyinen -16 %:n tavoiteura (2013–2020) on esitetty vihreällä viivalla ja vuosien 2008–2010 perusteella laskettu lähtötaso vihreällä katkoviivalla.

Kuvassa 4.1 esitettyjen joustomekanismien lisäksi voidaan hyödyntää jäsenmaiden välistä päästöyksiköiden kauppaa, jos jokin jäsenmaa onnistuu vähentämään päästöjä tavoitettaan enemmän, sekä vähiten kehittyneiltä mailta ostettavia päästöyksiköitä. Näitä kahta mekanismia ei ole huomioitu tässä arvioissa, sillä niillä tuotettujen päästöyksiköiden tarjonta ja riittävyys eivät ole taattuina. Tältä osin tavoitteen saavuttaminen voisi olla arvioitua helpompaa ja halvempaa.

Päästöjen vuosittaista vaihtelua voidaan tasata päästöyksiköiden lisäksi myös ajallisilla joustomekanismeilla, jotka sallivat päästöjen lainaamista tulevilta vuosilta ja mahdollistavat ylimääräisen vähennyksen siirtämisen tuleville vuosille. Ajalliset joustot mahdollistavat myös sen, että jos päästöjä onnistutaan vähentämään aikaisessa vaiheessa selvästi tavoitetta enemmän, myöhempien vuosien

tavoite on helpompi saavuttaa – joskin on hyvä muistaa, että päästötavoite luultavasti kiristyy edelleen vuoden 2020 jälkeen (luku 4.3).

Kirjallisuuskatsauksen perusteella ei voida arvioida tavoitteen saavuttamisen kustannuksia, sillä vain muutamalle lisätoimelle oli esitetty kustannusarvio.

4.2 Siirtyminen tiukempaan tavoitteeseen

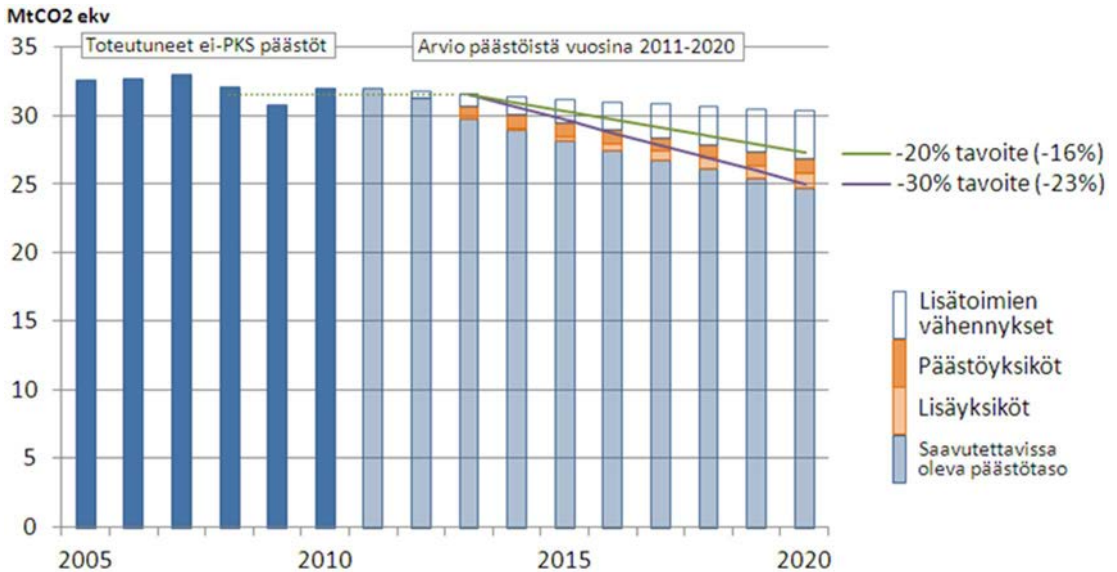
Tiukemman päästövähennystavoitteen tarkkaa vähennysprosenttia ei ole sovittu. Luvussa 2.1 arvioitiin, että tämä saattaisi tarkoittaa Suomelle 23 %:n vähennystavoitetta.

Tavoitteen kiristymisen lisäksi myös käytettävissä olevien joustomekanismien määrä kasvaisi. EU:n Ilmasto- ja energiapaketin mukaan puolet tiukemmasta tavoitteesta voitaisiin toteuttaa mekanismeilla. Jos -16 %:n tavoitteesta siirryttäisiin -23 %:n tavoitteeseen, päästöyksiköitä voitaisiin käyttää noin 1,2 Mt CO₂ ekv enemmän vuosittain. Tämän lisäksi tiukemman tavoitteen tarkastelussa on tehty joustomekanismeista samat oletukset kuin -16 %:n tapauksessa (luku 4.1).

Kuvassa 4.2 on esitetty yhteenveto tarkastelusta. Tämän arvion perusteella näyttäisi siltä, että -23 %:n tavoite olisi mahdollista saavuttaa vain silloin, jos kaikki kirjallisuuskatsauksen lisätoimet saataisiin toteutettua mahdollisimman pian ja päästöyksiköistä ostettaisiin hieman yli 2 Mt CO₂ ekv.

Muilta jäsenmailta ja vähiten kehittyneiltä mailta ostettavat päästöyksiköt sekä EU:n taakanjakopäätöksen sallimat ajalliset joustot kuitenkin helpottavat tilannetta. Jos ensimmäisinä vuosina päästöjä onnistutaan vähentämään tavoitetta enemmän, voidaan käyttämättä jääneet päästöyksiköt siirtää täysimääräisinä tuleville vuosille. Alun ”ylisuorittaminen” helpottaisi tavoitteen saavuttamista merkittävästi, sillä silloin voitaisiin välttää kalleimmat kotimaiset toimet. On kuitenkin muistettava, että tavoite todennäköisesti kiristyy vuoden 2020 jälkeen, jolloin myös kotimaisia toimia joudutaan toteuttamaan enemmän.

4. Arvio ei-PK-sektorin tavoitteen saavuttamisesta



Kuva 4.2. Vuosien 2005–2009 toteutuneet päästöt sekä vuoden 2010 ennakkotieto on esitetty tummansinisillä palkeilla. Vuodesta 2011 alkaen kaikkien palkkien yhteenlaskettu korkeus vastaa nykytoimiskenaariota. Saavutettavissa oleva päästötaso (vaaleansininen palkki) voidaan laskea nykytoimiskenaariosta, kun siitä vähennetään lisätoimien vähennykset (valkoinen palkki), käytettävissä olevat päästökiintiöt (oranssi palkki) ja lisäkiintiöt (vaaleanoranssi palkki). Nykyinen -16 %:n tavoiteura (2013–2020) on esitetty vihreällä viivalla, mahdollinen -23 %:n tavoiteura violetilla ja vuosien 2008–2010 perusteella laskettu lähtötaso vihreällä katkoviivalla.

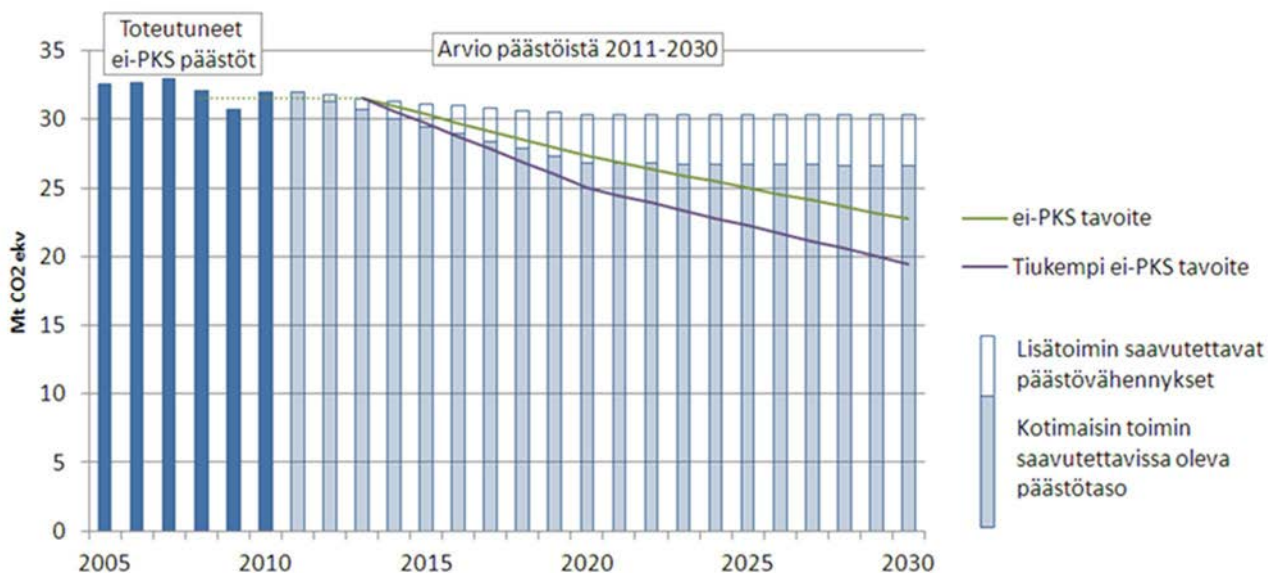
4.3 Alustava arvio vuoden 2030 tavoitteen saavuttamisesta

Luvussa 3 on esitetty sektorikohtaiset nyky- ja lisätoimiskenaariot, jotka perustuvat MTT:n (Regina ym. 2011), Suomen ympäristökeskuksen (Alaja 2009, Lindh 2010), liikenne- ja viestintäministeriön (2011) ja ympäristöministeriön (2008) julkaisuihin. Liikenteen, työkoneiden, jätehuollon ja F-kaasujen päästöt on arvioitu vuoteen 2030 tai 2050 saakka, mutta arvioissa on oletettu, että sektorin päästöt pysyvät suunnilleen vuoden 2020 tasolla. Maatalouden ja rakennusten lämmitykset päästöt on arvioitu vain vuoteen 2020 saakka. Tässä alustavassa suuruusluokka-arviossa on oletettu, että myös niiden päästöt pysyvät vuoden 2020 tasolla.

Oletukset ei-PK-sektorin päästötavoitteesta vuonna 2030 perustuvat Matalahiilitiekartan (EC 2011) arvioihin, joissa on esitetty -24 ... -36 %:n tavoitehaa-

4. Arvio ei-PK-sektorin tavoitteen saavuttamisesta

rukkaa koko EU:n ei-PK-sektorille. Tässä Suomen tavoitteen oletetaan olevan myös vuonna 2030 hieman EU:n keskiarvoa tiukempi. Siten yllämainitun tavoitehaarukan perusteella on oletettu, että jos Suomen vuoden 2020 pysyy -16 %:ssa, vuoden 2030 tavoite olisi -30 %. Jos vuoden 2020 tavoite kiristyy -23 %:iin, vuoden 2030 tavoite olisi -40 %. Oletukset ovat karkeita ja tämä pitäisi tulkita suuruusluokka-arviona. Kuva 4.3 vertaa oletettuja tavoitteita vuodelle 2030 nykyisillä lisätoimilla saavutettaviin päästötasoihin. Ero lisätoimiuran ja tavoitteiden välillä kasvaa nopeasti vuoden 2020 jälkeen, minkä perusteella on suuri tarve kartoittaa uusia, vuoden 2020 jälkeen toteutettavia lisätoimia.



Kuva 4.3. Vuosien 2005–2009 toteutuneet päästöt sekä vuoden 2010 ennakkotieto on esitetty tummansinisillä pylväillä. Vuodesta 2011 alkaen kaikkien pylväiden yhteenlaskettu korkeus vastaa nykytoimiskenaariota. Kotimaisin toimin saavutettavissa oleva päästötaso (vaaleansininen pylväs) voidaan laskea nykytoimiskenaariosta, kun siitä vähennetään lisätoimien vähennykset (valkoinen pylväs). Tekstissä esitetyt arviot tavoiteurista on esitetty vihreällä ja violetilla viivalla ja vuosien 2008–2010 perusteella laskettu lähtötaso vihreällä katkoviivalla.

4.4 Tulosten vertaaminen muihin vastaaviin arvioihin

Euroopan ympäristökeskus EEA julkaisi lokakuussa 2011 raportin, jossa se arvioi mm. EU:n jäsenmaiden ei-PK-sektorin tavoitteiden saavuttamista. EEA arvioi, että Suomessa tavoitteesta jäätäisiin nykytoimilla noin 3 % ja kaikilla lisätoimilla tavoite ylittettäisiin 2 %:lla

Alkuvuodesta 2011 laaja tutkimuskonsortio, johon kuuluivat mm. AEA, Ecofys ja Fraunhofer Institute, julkaisivat EU:n komission tilaaman arvion ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta (AEA 2011). Arvio tehtiin tutkimuslaitosten kehittämällä EU:n laajuisella ei-PK-sektorien mallilla. AEA:n mukaan Suomi jäisi nykytoimilla tavoitteestaan reilut 5 % ja kaikilla lisätoimilla ylittäisi tavoitteen 3 %:lla.

Sekä EEA:n että AEA:n raportin tulokset eroavat hieman tämän raportin tuloksista sekä nykytoimiskenaarion päästöissä että lisätoimilla saavutettavissa vähennyksissä. Raporttien tuloksia on vertailtu taulukoissa 4.1 ja 4.2.

Taulukko 4.1. Tämän julkaisun sekä EEA:n (2011) ja AEA:n (2011) arviot Suomen ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta nyky- ja lisätoimilla vuonna 2020. Negatiivinen luku tarkoittaa tavoitteesta jäämistä ja positiivinen luku tavoitteen ylittämistä.

	<u>Ei-PKS-tavoitteen saavuttaminen</u>	
	<u>WM</u>	<u>WAM</u>
VTT-2011	-9.2 %	1.5 %
EEA-2011	-2.9 %	1.7 %
AEA-2011	-5.6 %	3.2 %

Taulukko 4.2. Tämän julkaisun sekä EEA:n (2011) ja AEA:n (2011) arviot Suomessa lisätoimilla saavutettavista ei-PKS:n päästövähennyksistä vuonna 2020.

	<u>Lisätoimipotentiaali</u>
	<u>Mt CO₂ ekv</u>
VTT-2011	3,5
EEA-2011	1,5
AEA-2011	2,7

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Luvuissa 3 ja 4 kuvatut päästöpolut sisältävät ennaltamäärätyn joukon päästövähennyskeinoja, mutta eivät arvioita näiden kustannuksista. Suomen kansantalouden kannalta on kuitenkin kannattavaa pyrkiä päästövähennystavoitteeseen pienimmillä mahdollisilla kustannuksilla. Käytännössä tämä tarkoittaa pyrkimystä valita vuosille 2013–2020 joukko vähennyskeinoja, joilla tavoitteeseen päästään ja joilla päästövähennyskustannukset ovat mahdollisimman pienet.

Tässä työssä käytetyllä optimointimallilla (SONETS, Stochastic Optimization of Non-ETS Emissions, Hast ym. 2011) tarkastellaan päästöjen kehitystä ja vähennysmahdollisuuksia aikavälillä 2013–2020. Mallilla pyritään löytämään vähennyskeinoista koostuvia portfolioita, joiden kokonaiskustannusten nykyarvot ovat mahdollisimman pienet. Toisaalta portfolioilla on kuitenkin saavutettava odotusarvoisesti asetetut päästövähennystavoitteet. Malli valitsee siten kokonaiskustannuksia minimoimalla kullekin vähennystoimelle optimaalisen aloitusajankohdan vuosien 2013–2020 aikana tai jättämällä toimen toteuttamatta tällä aikavälillä. Mallissa tarkastellaan toimien suoria kustannuksia, ei kansantaloudellisia kerrannaisvaikutuksia.

Toteutettavat päästövähennyskeinot voidaan valita mallissa 14 itsenäisen päästövähennystoimen joukosta. Tarkasteltuja vähennyskeinoja ovat esimerkiksi öljykattiloiden korvaaminen käyttöiän lopussa, kaatopaikkajätteestä muodostuvan metaanin talteenotto ja hapetus sekä F-kaasupäästöjen vähentäminen teollisuuden kylmälaitteissa ja ajoneuvojen ilmastoinnissa.

Portfolioilla saavutettaviin päästöihin ja portfolion aiheuttamiin kustannuksiin liittyy kuitenkin epävarmuutta. Epävarmuuksien vuoksi on mahdollista, että arvioidut kustannukset ylitetään tai että ennakoitua päästövähennyksiä jäävät saavuttamatta. Tämän vuoksi malli sisältää epävarmuustarkastelun, jonka avulla

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

näitä riskejä voidaan arvioida. SONETS-malli on kuvattu tarkemmin liitteessä D ja julkaisussa Hast ym. (2011).

Tässä luvussa esitetään ensin mallin nykytoimiura sekä joustojen käytöstä tehdyt oletukset. Optimointimallin tuloksia kuvaavissa alaluvuissa esitetään mallilla saatavat, eri tavoitteita vastaavat optimaaliset portfolioit.

5.1 Mallin päivitetty nykytoimiura ja oletukset

SONETS-optimointimallin (liite D ja Hast ym. 2011) sektorijakoa päivitettiin vastaamaan Tilastokeskuksen (2011) käyttämää jaotusta päästökaupan ulkopuolisille sektoreille. Lisäksi mallin nykytoimiuraan sisällytettiin liikenteen biopolttoainetavoite³ ja biokaasun syöttötariffi. Mallin päivitetyn nykytoimiuran mukaiset sektorikohtaiset päästöt on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Mallin perusuran sektorikohtaisten päästöjen odotusarvot (Mt CO₂ ekv).

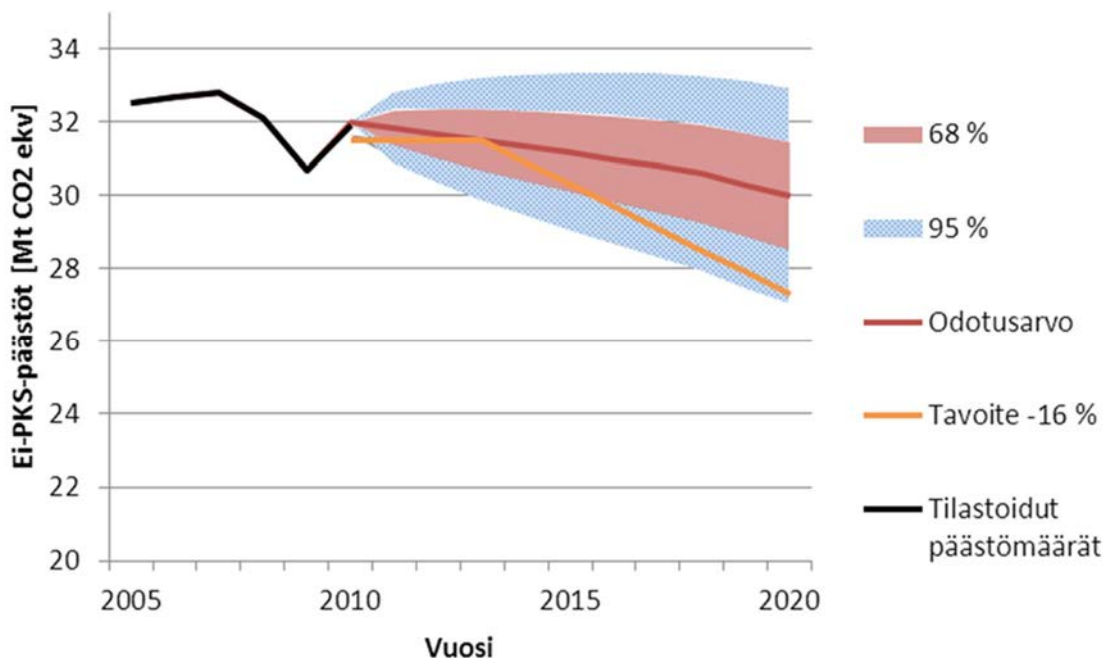
	2010	2015	2020
Maatalous	5,8	6,0	6,3
Jätehuolto	2,5	2,2	1,9
F-kaasut	1,0	0,9	0,7
Tieliikenne	12,0	12,0	11,7
Työkoneet	2,4	2,5	2,7
Lämmitys	4,5	4,1	3,7
Muut päästöt	3,8	3,4	2,9
Yhteensä	32,0	31,1	29,9

SONETS-mallissa otetaan huomioon päästöihin liittyvä epävarmuus. Kuvassa 5.1 on esitetty vuosien 2005–2009 toteutuneet päästöt, vuoden 2010 ennakkotieto, mallin nykytoimiuran mukaiset kokonaispäästöt sekä niihin liittyvät epävarmuudet 68 ja 95 %:n luottamusväleillä. Lisäksi kuvaan on piirretty oranssilla

³ Tässä raportissa on oletettu, että biopolttoainetavoite vähentää tieliikenteen päästöjä 10 % vuonna 2020, mikä vastaa liikenne- ja viestintäministeriön edellisen perusuran käyttämää oletusta. Uusi perusura oli tätä kirjoitettaessa päivitetyn alla.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

käyrällä 16 %:n vähennystavoitetta vastaava tavoiteura. Mallin mukaan päästövähennystavoitteeseen voitaisiin pienellä todennäköisyydellä päästä ilman lisätoimia, mutta todennäköisesti lisätoimia tulisi toteuttaa ja päästöyksiköitä hankkia noin 2,5 Mt CO₂ ekv:n edestä.



Kuva 5.1. Mallin nykytoimiura epävarmuuksineen sekä 16 %:n päästövähennystavoite. Mallin nykytoimiuraan sisältyvät päästövähennystoimet, jotka vastaavat liikenteen biopolttoainetavoitetta ja biokaasun syöttötariffia. Ennuste päästöjen kehityksestä on tehty vuosille 2010–2020. Vuosille 2005–2010 on käytetty tilastoituja päästötietoja. Kuvasta huomataan, että nykyisin toimin vuotuisen vähennystavoitteen saavuttamisen todennäköisyys pienenee ajan myötä.

SONETS-optimointimallilla etsitään vuosille 2013–2020 annetun päästötavoitteen saavuttavia, vähennyskeinoista koostuvia portfolioita, jotka minimoivat toimien aloittamisesta aiheutuvien kokonaiskustannusten nykyarvon. Nykyarvon laskemisessa korkokantana on käytetty 5 %:a. Malli valitsee toteutettavat toimet 14 päästövähennyskeinoon joukosta siten, että kukin toimi voidaan aloittaa milloin tahansa vuosina 2013–2020 tai toimi voidaan jättää aloittamatta, riippumatta muiden toimien aloituksesta. Poikkeuksena on biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen kieltäminen, jonka oletetaan tulevan voimaan vuonna 2016 osana jätelakiuudistusta.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Vähennyskeinojen lisäksi malli voi käyttää taakanjakopäätöksen mukaisia ajallisia joustoja ja ostaa päästöyksiköitä. Päästöyksiköiden määrystä on oletettu, että niitä voidaan -16 %:n tavoitteen tapauksessa käyttää vuosina 2013–2020 yhteensä enintään 7,8 Mt CO₂ ekv eli 0,98 Mt CO₂ ekv vuodessa. Tiukempien vähennystavoitteiden tapauksessa on oletettu, että yksiköillä voidaan korvata puolet tiukempaan tavoitteeseen siirtymistä vastaavasta päästömäärästä. Näin ollen yksiköitä voitaisiin hyödyntää kumulatiivisesti enintään 11,1 Mt CO₂ ekv (21 %:n vähennystavoite), 12,4 Mt CO₂ ekv (23 %:n vähennystavoite) tai 13,7 Mt CO₂ ekv (25 %:n vähennystavoite).

Päästöyksiköiden hinnasta on oletettu, että se kohoaa -16 %:n tavoitteessa nykytasolta 18 euroon per t CO₂ ekv vuonna 2020 ja tiukempien tavoitteiden tapauksessa tasolle 23 €/t CO₂ ekv vuonna 2020.

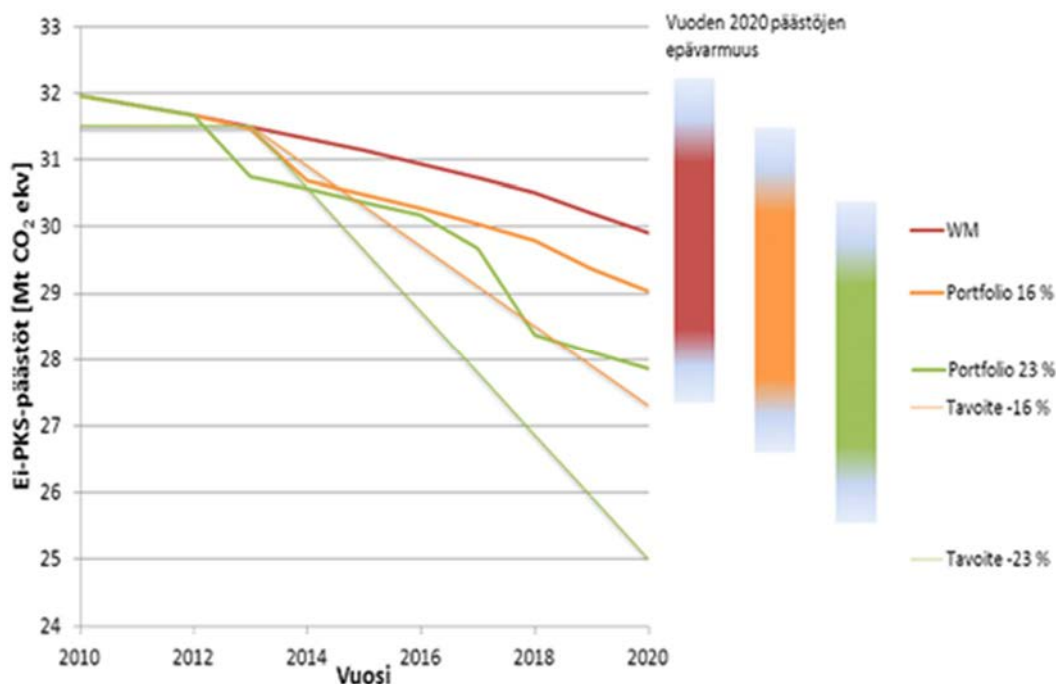
5.2 Optimointimallin tulokset

Tässä luvussa esitetään aluksi eri tavoitteita vastaavilla, kustannusoptimaalisilla portfolioilla saavutettavat päästöt sekä portfolioiden kokonaiskustannukset. Lisäksi tarkastellaan portfolioissa toteutettavaksi valitut vähennyskeinot ja tutkitaan mallin yksittäisiin keinoihin liittyviä päästövähennyksiä ja kustannuksia.

5.2.1 Portfolioilla saavutettavat päästöt ja kustannukset

Kuvassa 5.2 on esitetty tiukempien tavoitteiden tavoiteuran lisäksi mallin nykytoimiura (WM) sekä portfoliot, jotka joustot huomioiden täyttävät 16 %:n vähennystavoitteen (portfolio 16 %) ja 23 %:n vähennystavoitteen (portfolio 23 %). Vuoden 2020 päästötaso on selvästi tavoitetason yläpuolella, ja päästötavoite saavutetaankin vain kumulatiivisesti ajallisten joustojen ja päästöyksiköiden oston kautta. Ajanjakson 2013–2020 alkupäässä tehdään siten suurempia päästövähennyksiä ja ollaan jopa tavoiteuran alapuolella.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

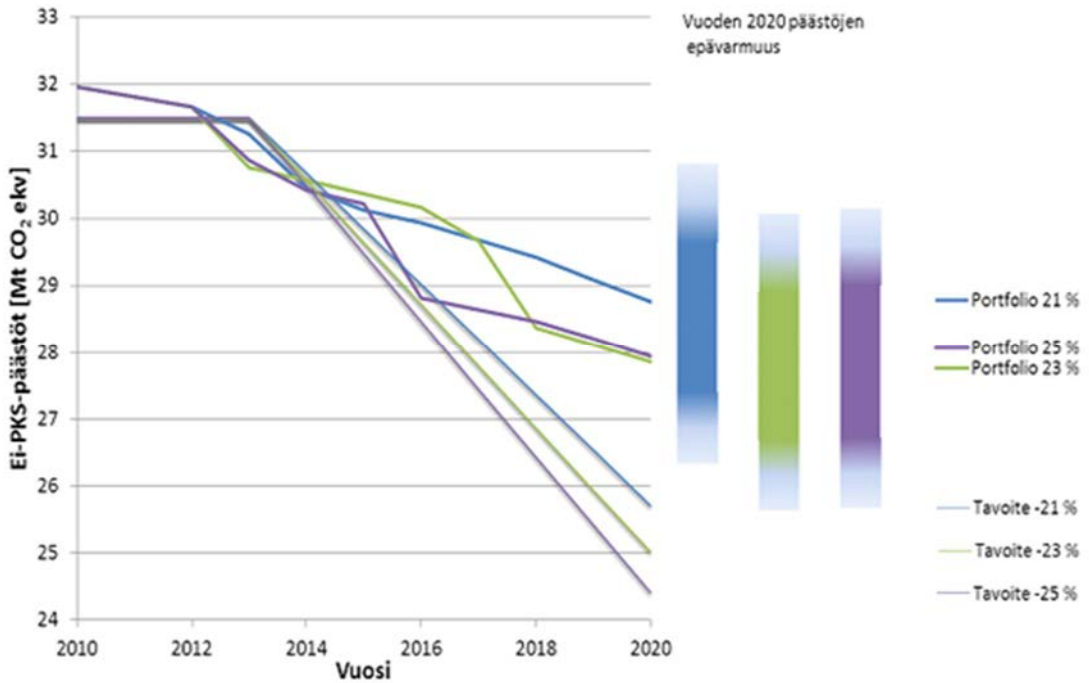


Kuva 5.2. Suomen ei-PKS-päästöjen kehitys kustannustehokkailla vähennyskeinoportfolioilla 16 ja 23 %:n vähennystavoitteiden tapauksessa. Kumulatiivisen päästötavoitteen saavuttamiseksi tarvittavia päästöyksiköiden ostoja ei ole esitetty kuvassa (ks. taulukko 5.2). Portfolioiden vuoden 2020 päästötason epävarmuus 95 %:n luottamusvälillä on esitetty pystypalkeilla. Tavoiteuran saavuttaminen vuonna 2020 on epätodennäköistä, vaikka kumulatiivinen tavoite saavutetaankin joustojen avulla. Tuloksia tulkittaessa on tärkeää huomata, että pystyakseli alkaa päästömäärästä 24 Mt CO₂ ekv.

Kuvasta 5.2 huomataan, että nykyisin toimin on hyvin epätodennäköistä saavuttaa sekä 16 että 23 prosentin vähennystavoitteita vastaavia päästömääriä vuonna 2020. Portfoliot 16 % ja 23 % toteuttavat kumulatiivisesti niitä vastaavat vähennystavoitteet, mutta on kuitenkin epätodennäköistä, että niillä saavutettaisiin tavoiteurat vuonna 2020.

Kuvassa 5.3 on kuvattu päästöjen kehitys portfolioissa, jotka täyttävät 21 %:n (portfolio 21 %), 23 %:n (portfolio 23 %) ja 25 %:n (portfolio 25 %) vähennystavoitteet. Käyrillä on kuvattu portfolion toteutuvia päästöjä, eikä niissä esitetyistä päästömäärästä ole tällöin vähennetty päästöyksiköiden vaikutusta. Kuten nykytoimin saavutettaviin päästöihin, myös tarkastelluilla portfolioilla saavutettaviin päästöihin sisältyy epävarmuuksia. Kuvissa 5.2 ja 5.3 on siksi esitetty päästöjen odotusarvoisen kehityksen lisäksi vuoden 2020 saavutettaviin päästöihin liittyvä epävarmuus 95 %:n luottamusvälillä.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista



Kuva 5.3. Suomen ei-PKS-päästöjen kehitys kustannustehokkailla vähennyskeinoportfolioilla 21, 23 ja 25 %:n vähennystavoitteiden tapauksessa. Kumulatiivisen päästötavoitteen saavuttamiseksi tarvittavia päästöyksiköiden ostoja ei ole esitetty kuvassa (ks. taulukko 5.2). Portfolioiden vuoden 2020 päästötason epävarmuus 95 %:n luottamustasolla on esitetty pystypalkeilla. Tavoiteuran saavuttaminen vuonna 2020 on epätodennäköistä, vaikka kumulatiivinen tavoite saavutetaan joustojen avulla. On syytä huomata, että pysty akseli alkaa päästömäärästä 24 Mt CO₂ ekv.

Kuvissa esitetyissä portfolioissa (16, 21, 23 ja 25 %) hyödynnetään päästöyksiköitä, jotta vähennystavoite voidaan saavuttaa. Taulukossa 5.2 on esitetty kuhunkin portfolioon sisältyvä kumulatiivinen päästöyksiköiden määrä vuosina 2013–2020. Portfolion kokonaiskustannusten nykyarvot sisältävät aikavälillä 2013–2020 toteutettujen toimien ja ostettujen päästöyksiköiden aiheuttamien kustannusten nykyarvot. Lisäksi on verrattu, kuinka paljon suuremmat portfolion kokonaiskustannukset ovat, jos tavoitetta kiristetään 16 %:n vähennystavoitteesta. Portfolioiden kokonaiskustannukset sisältävät myös liikenteen biopolttoainien ja biokaasun edistämisen kustannukset, jotka ovat kumulatiivisesti 2013–2020 noin 400 M€

Taulukosta 5.2 huomataan, että optimaalisissa portfolioissa tehdään päästöyksiköiden ostoja enimmäismäärä. Tavoitteen kiristäminen 16 %:sta 21 %:iin nostaa portfolion kustannuksia vain noin 100 M€, koska puolet lisävähennyksistä

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

voidaan korvata päästöyksiköiden ostolla. Koska päästöyksiköiden enimmäismäärä kasvaa tavoitteen kiristyessä, siirtyminen 16 %:n vähennystavoitteesta 23 %:n tavoitteeseen nostaa kustannuksia vain noin 200 M€ Sen sijaan tavoitteen kiristäminen 25 %:n vähennystavoitteeseen nostaa kustannuksia suhteellisen paljon, koska tällöin tavoitteen saavuttamiseksi on toteutettava kalliimpia lisätoimia kuin 21 ja 23 %:n tapauksissa.

Taulukko 5.2. Portfolioissa päästöyksiköillä korvattu kumulatiivinen päästömäärä sekä portfolioon vuosien 2013–2020 kokonaiskustannusten nykyarvot sisältäen liikenteen biopolttoaineiden ja biokaasun edistämisen kustannukset (noin 400 M€). Tiukempia vähennystavoitteita vastaavien portfolioiden kustannuksia on verrattu 16 %:n vähennystavoitteen täyttävän portfolioon kustannuksiin.

	Päästöyksiköiden osto 2013–2020 (Mt CO ₂ ekv) ¹	Kustannukset [M€]	
		Yhteensä ²	Ero 16 %:n portfolioon
Portfolio 16 %	7,5	600	–
Portfolio 21 %	10,7	700	100
Portfolio 23 %	12,4	800	200
Portfolio 25 %	13,0	1100	500

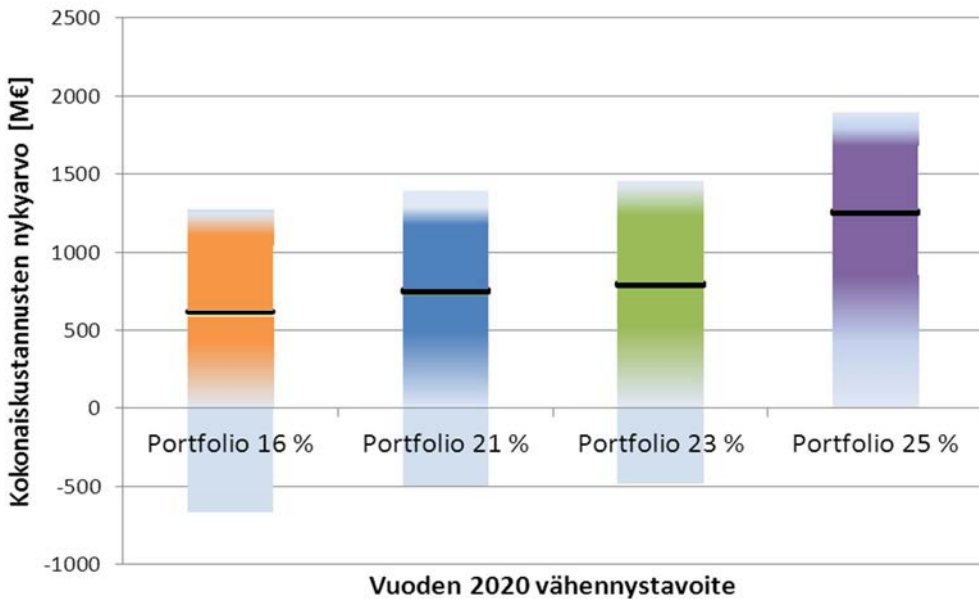
¹ Sisältää jo budjetoidut päästöyksiköiden ostot.

² Sisältää päästöyksiköiden ostot sekä liikenteen biopolttoainetavoitteen ja biokaasun syöttötariffin.

Kunkin portfolioon kokonaiskustannuksiin sisältyy epävarmuuksia, jotka on esitetty 95 %:n luottamusvälillä kuvassa 5.4. Portfolioon kokonaiskustannusten odotusarvot on merkitty kuvaan mustalla palkilla.

Päästöyksiköiden hinta on pudonnut vuoden 2011 aikana talouskriisin edessä yli 25 %. On mahdollista, että hinta jää oletettua pienemmäksi myös tulevaisuudessa. Päästöyksiköiden hinnan aleneminen ei kuitenkaan vaikuttaisi kustannustehokkaisiin päästövähennyskeinoihin, sillä esitetyt vähennysportfoliot sisältävät jo suurimman sallitun määrän päästöyksiköitä. Alempi vähennysyksiköiden hinta laskisi kuitenkin hieman kustannuksia. Jos päästöyksiköiden hinta olisi vuosina 2013–2020 jopa 5 €/tCO₂ nyt oletettua halvempi, kustannukset pienensivät -16 %:n tapauksessa noin 40 M€ ja -23 %:n tapauksessa noin 60 M€ Ero kustannusten odotusarvoon olisi siten alle 10 %. Kuvassa 5.4 esitetty kustannusarvio sisältää epävarmuuden myös päästöyksiköiden hinnasta.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista



Kuva 5.4. Portfolioiden kokonaiskustannuksiin sisältyvät epävarmuudet 95 %:n luottamusväylillä. Portfolioiden kokonaiskustannusten nykyarvon odotusarvo on merkitty mustalla poikkiviivalla. Kustannukset sisältävät myös liikenteen biopolttoaineiden ja biokaasun edistämisen kustannukset (kumulatiivisesti noin 400 M€).

5.3 Mallin päästövähennystoimet

Tässä luvussa esitellään kustannusoptimaalisten portfolioiden sisältämät päästövähennyskeinot sekä niiden aloitusvuodet. Lisäksi tutkitaan yksittäisillä mallin vähennyskeinoilla saavutettavia päästövähennyksiä vuoden 2020 päästöihin verrattuna sekä portfoliojen kokonaiskustannuksia ja esitetään toimen keskimääräinen vähennyskustannus, kun on huomioitu kumulatiivisesti 2013–2020 saavutettavat päästövähennykset.

5.3.1 Portfolioiden sisältämät päästövähennystoimet

Kokonaiskustannukset minimoivalla optimoinnilla löydetty portfolio koostuu toteutettavista toimituksista ja niiden aloitusvuosista sekä mahdollisista päästöyksiköiden ostoista. Taulukkoon 5.3 on listattu edellä tarkasteltujen portfolioiden sisältämät keinot aloitusvuosineen sekä kumulatiivisesti vuosina 2013–2020 tehtävät päästöyksiköiden ostot (taulukossa alin rivi).

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Taulukko 5.3. Kustannusoptimaalisten portfolioiden sisältämät keinot aloitusvuosineen sekä 2013–2020 ostettavien päästöyksiköiden määrä (Mt CO₂ ekv).

Sektorit	Vähennyskeino	Portfolio 16 %	Portfolio 21 %	Portfolio 23 %	Portfolio 25 %
<u>Liikenne</u>	Polttoainetehokkuuden lisäparantaminen henkilöautoissa hybriditeknologialla	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta
	Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta
<u>Lämmitys</u>	Öljykattiloiden korvaaminen käyttöiän lopussa (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	2013	2013	2013	2013
	Öljykattiloiden ennakoinen korvaaminen (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	2018
<u>Maatalous</u>	Lannan mädätys ja kompostointi karjatililla	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta
	Lannan mädätys ja kompostointi sikatililla	Ei toteuteta	2016	2013	2013
<u>Työkoneet</u>	Metsätähdedieselin käytön lisääminen työkoneissa	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta
<u>Jätehuolto</u>	Kaatopaikkojen CH ₄ :n talteenotto	2013	2013	2013	2013
	Kaatopaikkojen CH ₄ :n hapetus	2017	2014	2013	2013
<u>F-kaasut</u>	F-kaasupäästöjen vähentäminen kaupan kylmälaitteissa	2019	2015	2019	2013
	F-kaasupäästöjen vähentäminen rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöpumpuissa	Ei toteuteta	2015	2016	2013
	F-kaasupäästöjen vähentäminen teollisuuden kylmälaitteissa	Ei toteuteta	Ei toteuteta	2019	2017
	F-kaasupäästöjen vähentäminen ajoneuvojen ilmastoinnissa	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta	Ei toteuteta
Päästöyksiköiden käyttö kumulatiivisesti (Mt CO ₂ ekv)		7,5	10,7	12,4	13,0

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Tavoitteen kiristäminen muuttaa hieman joidenkin toimien aloitusta, mikä voidaan nähdä taulukosta 5.3. Osalle keinoista, kuten sikatiloilla tehtävälle lannan mädätykselle ja kompostoinnille sekä F-kaasupäästöjen vähentämiselle teollisuuden kylmälaitteissa, muutos merkitsee toimen aloituksen aikaistamista. Toisaalta esimerkiksi F-kaasupäästöjen vähentäminen kaupan kylmälaitteissa tai rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöpumpuissa ei aikaistu täysin suoraan tavoitteen kiristymistä noudattaen. Tämä johtuu siitä, että optimoinnilla etsitään kokonaiskustannukset minimoivia portfolioita, jotka koostuvat erilaisista, diskreettejä päästövähennyksiä tuottavien päästövähennyskeinojen toteuttamisesta. Tällöin vähennystavoitteen kiristyessä portfolioon voidaan sisällyttää uusia vähennyskeinoja, joiden ansiosta pienempiä päästövähennyksiä tuottavia keinoja ei ole enää tarpeen valita portfolioon. Tavoitteen kiristyminen nostaa ostettujen päästöyksiköiden määrää kaikissa tarkastelutapauksissa.

Edellä esitetyistä portfolioista voidaan kuitenkin tehdä joitakin vankkoja johdopäätöksiä. Erityisesti tiukempien vähennystavoitteiden tapauksessa päästövähennyksiä tehdään etupainoisesti, jolloin vähennyskauden alkuvuosina saavutetaan tavoitetta pienempi päästötaso ja näin saavutettuja vähennyksiä voidaan hyödyntää myöhempinä vuosina. Päästöyksiköiden ostomahdollisuutta hyödynnetään kaikissa tarkastelutapauksissa lähes sallittu maksimimäärä.

Päästöyksiköiden ostoja ei tehdä kaikissa kustannusoptimaalisissa portfolioissa täsmällisesti suurinta sallittua määrää, sillä päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi on päästöyksiköiden ostojen lisäksi toteutettava vähennyskeinoja, joilla mallissa saavutetaan diskreettejä päästövähennyksiä. Tällöin kokonaiskustannusten minimoinnin vuoksi kaikissa tapauksissa ei ole kannattavaa tehdä tavoitteen saavuttamisen kannalta ylimääräisiä ostoja.

5.3.2 Päästövähennyskeinoilla saavutettavat vähennykset ja kustannukset

Taulukossa 5.4 on esitetty mallin päästövähennyskeinoilla saavutettavat kumulatiiviset päästövähennykset (2013–2020), vuoden 2020 päästöihin saavutettava vähennys sekä keinojen kokonaiskustannukset väliltä 2013–2020.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Taulukko 5.4. Vähennyskeinoilla saavutettavat päästövähennykset vuonna 2020 sekä toimen toteuttamisen kumulatiiviset kokonaiskustannukset 68 %:n luottamusväillä. Keskimääräinen vähennyskustannus tonnia kohti on laskettu keskimääräisten kokonaiskustannusten ja kumulatiivisen päästövähennyksen osamääränä kullekin keinolle. Negatiiviset arvot merkitsevät säästöä.

<u>Vähennyskeino</u>	<u>Kokonaiskustannus 2013–2020, keskiarvo ja 66 % luottamusväli</u>			<u>Päästö-</u> <u>vähennys</u> <u>vuonna</u> <u>2020</u>	<u>Yksikkö-</u> <u>kustannus</u>
	<u>Alaraja</u> <u>(M€)</u>	<u>KA</u> <u>(M€)</u>	<u>Yläraja</u> <u>(M€)</u>	<u>(Mt CO₂</u> <u>ekv)</u>	<u>(€/t CO₂</u> <u>ekv)</u>
Polttoainetehokkuuden lisäparantaminen henkilöautoissa	510	520	530	0,8	120
Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen	210	220	230	0,2	150
Öljykattiloiden korvaaminen käyttöiän lopussa (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	-100	-70	-30	0,3	-60
Öljykattiloiden ennaikainen korvaaminen (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	560	620	680	1,2	70
Lannan mädätys ja kompostointi karjatiljoilla	190	210	220	0,4	70
Metsätähdediesel työkoneissa	-20	50	130	0,3	40
Kaatopaikkojen CH ₄ :n talteenotto	1,4	1,7	2,0	0,03	7,7
Kaatopaikkojen CH ₄ :n hapetus	120	130	150	0,4	30
Lannan mädätys ja kompostointi sikatiloilla	53	58	62	0,3	30
F-kaasut kaupan kylmälaitteissa	-1,3	11	23	0,1	14
F-kaasut rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöpumpuissa	0,1	0,1	0,1	0,01	0,7
F-kaasut teollisuuden kylmälaitteissa	2,2	3,0	3,9	0,01	30
F-kaasut ajoneuvojen ilmastoinnissa	0,5	0,9	1,4	0,002	80

Päästövähennyskeinoista voidaan tunnistaa muutama toimi, jotka kustannusmielessä tarkasteltuna kannattaa toteuttaa kaikissa tapauksissa. Öljylämmityksen korvaaminen muilla lämmitysmuodoilla kattiloiden käyttöiän lopussa nähtiin kustannustehokkaimmaksi keinoksi. Raakaöljyn hinnan oletetun nousun vuoksi tämän vähennystoimen kustannukset voivat olla myös negatiiviset. Myös F-kaasuihin ja kaatopaikkojen metaaniin liittyvät vähennykset otettiin käyttöön lähes kaikissa tarkastelutapauksissa.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

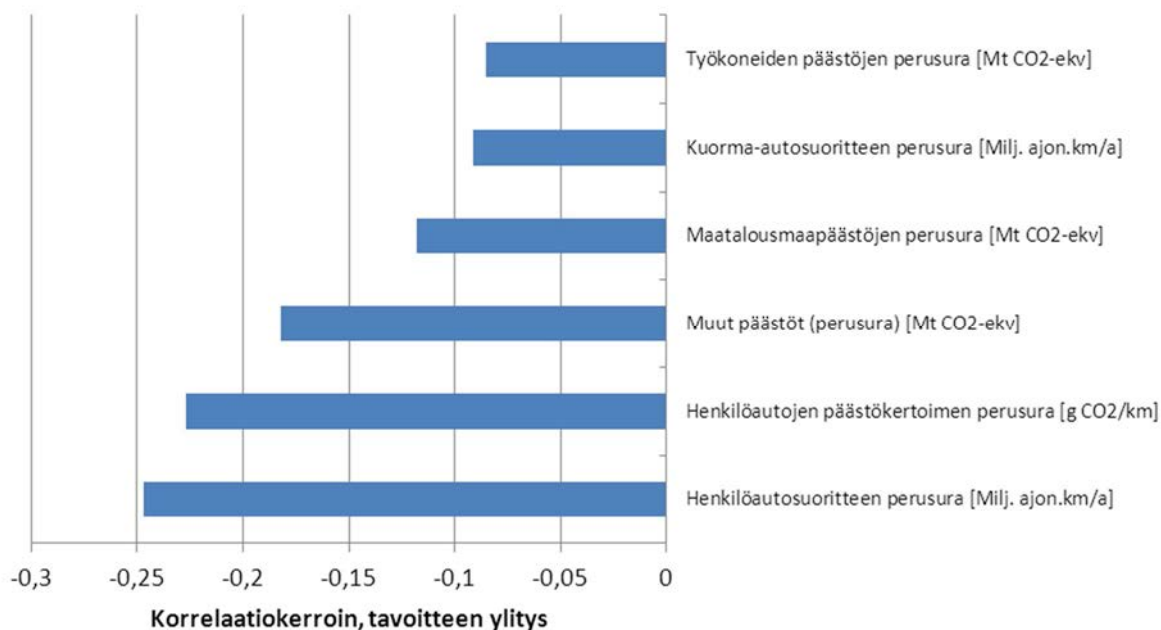
SONETS-mallissa mahdollinen öljykattiloiden ennaaikainen korvaaminen tuottaa suuren päästövähennyksen, mutta myös melko suuret kustannukset. Kun tavoitetta kiristetään -23 %:sta -25 %:iin, toimi kuitenkin aloitetaan, jotta vaadittu päästövähennys saavutettaisiin.

Koska sekä päästötasoihin että kustannuksiin liittyy merkittävää epävarmuutta, vaadittavista vähennyskeinoista tai niiden kustannustehokkuudesta ei saada täysin varmoja arvioita. Arviot heijastavatkin vain nykytietämystä. Ajan kuluessa epävarmuudet pienenevät, kun havainnoimme hintojen ja päästötasojen kehitystä. Siten optimaalista vähennyskeinojen joukkoa tulisi tarkistaa määräajoin uuden tiedon tullessa saataville.

5.4 Herkkyystarkastelu

Mallin eri muuttujien mahdolliset vaihtelut vaikuttavat eri tavoin portfoliolla saavutettavaan päästötasoon sekä kustannuksiin. Muuttujien vaikutusten voimakkuuden selvittämiseksi tehtiin herkkyysanalyysi 23 %:n vähennystavoitteen täyttävälle portfoliolla. Tarkastelu tehtiin erikseen portfolion kokonaiskustannuksille ja portfoliolla saavutettavalle, kumulatiiviselle (2013–2020) vähennystavoitteen ylitykselle, koska näihin liittyvien epävarmuuksien voidaan olettaa olevan toisistaan riippumattomia. Muuttujan vaikutusta lopputuloksen epävarmuuteen ja siten lopputuloksen riippuvuuden voimakkuutta kustakin muuttujasta on kuvattu Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla. Tällöin muuttujan korrelaatiokertoimen arvo ilmaisee tekijän suhteellisen vaikutuksen lopputuloksen epävarmuuteen. Kumulatiiviseen tavoitteen ylitykseen voimakkaimmin vaikuttavat tekijät on esitetty kuvassa 5.5.

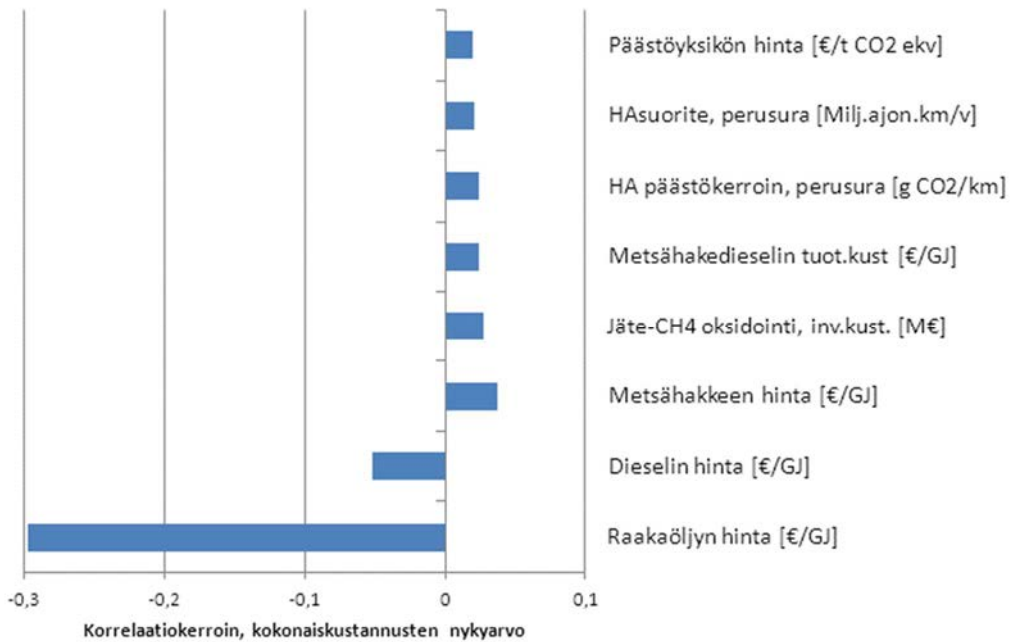
5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista



Kuva 5.5. Kumulatiivisen (2013–2020) päästövähennystavoitteen ylityksen epävarmuuteen eniten vaikuttavat tekijät 23 %:n vähennystavoitteen täyttävässä portfolioissa. Muuttujan suhteellinen vaikutus lopputulokseen on esitetty Spearmanin korrelaatiokertoimena. Liikennesektorilla vaikuttavien muuttujien perusuralla on suuri korrelaatiokertoimen arvo, koska niiden osuus ei-PKS:n kokonaispäästöistä on melko suuri. Lisäksi WM:ään kiinnitetty liikenteen biopolttoainetavoitetta kuvaava keino sisältyy portfolioon ja sillä saavutettavalla, melko suurella päästövähennyksellä (taulukko 5.4) on merkittävä vaikutus toteutuviin päästöihin.

Liikennesektorille vaikuttavilla muuttujilla, kuten ”henkilöautosuoritteen perusura”, ”henkilöautojen päästökertoimen perusura” sekä myös ”kuorma-autosuoritteen perusura”, on suuri korrelaatiokertoimen arvo, koska liikennesektorin päästöt ovat suhteessa melko suuret verrattuna muiden sektoreiden päästöihin ja koska portfolio sisältää mallin nykytoimiuraan sisältyvän biopolttoainetavoitetta vastaavan toimen, jolla saavutetaan merkittävä päästövähennys. Myös päästöiltään melko suuren luokan ”muut päästöt” korrelaatiokerroin on suuri. Kuvassa 5.6 on esitetty portfolio (23 %:n vähennystavoite) kokonaiskustannusten nykyarvon epävarmuuteen eniten vaikuttavat tekijät.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista



Kuva 5.6. Kokonaiskustannusten nykyarvon (23 %:n vähennystavoite) epävarmuuteen eniten vaikuttavat tekijät. Muuttujan suhteellinen vaikutus on esitetty Spearmanin korrelaatiokertoimen avulla. Raakaöljyn ja dieselin hinnalla on vahva käänteinen riippuvuus kokonaiskustannusten kanssa, joten erityisesti raakaöljyn hinnan noustessa päästövähennyskustannukset pienenevät.

Kuvan 5.6 perusteella kokonaiskustannusten nykyarvoon vaikuttavat eniten liikennesektorin päästövähennyskeinoihin vaikuttavat muuttujat, kuten raakaöljyn ja dieselin hinta. Raakaöljyn ja dieselin hinnan nousu pienentää päästövähennyskustannuksia, mikä nähdään kuvassa käänteisenä korrelaationa. Kuvien 5.5 ja 5.6 tuloksia tulkittaessa on kuitenkin syytä huomata, että lopputulosten epävarmuuteen eniten vaikuttavat tekijät riippuvat toteutettavaksi valituista keinoista sekä niiden ajoituksesta. Tämän vuoksi lopputulosten epävarmuuteen eniten vaikuttavat tekijät voivat vaihdella jonkin verran eri portfolioissa.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella raakaöljyn hinta vaikuttaa merkittävästi päästövähennyskustannuksiin. Jos raakaöljyn hinta olisi vuosien 2010–2020 välillä 10 \$/bbl suurempi, portfolioiden kokonaiskustannukset pienenisivät noin 100 M€ Raakaöljyn hinnan alenemisella on suunnilleen yhtä suuri kustannuksia nostava vaikutus, mutta arviota ei voi skaalata ylöspäin ongelmitta. 20 \$/bbl:n hinnan nousu ei siis välttämättä tarkoita 200 M€:n alennusta vähennyskustan-

nuksiin, sillä niin suuri hinnanmuutos todennäköisesti vaikuttaisi jo toteutettaviin vähennyskeinoihin.

5.5 Mallin tulosten tulkinta

Kuten yleensäkin laskentamalleissa, edellä esitetyt tulokset sisältävät paljon oletuksia ja varauksia, jotka tulee huomioida tuloksia tulkittaessa. Usein varsinaisia tuloksia tärkeämpää on ymmärtää, mitkä ovat merkittävimmät tekijät, jotka saavat aikaan nämä tulokset. Tässä raportissa käytetty todennäköisyyksiin perustuva lähestymistapa osaltaan tukee tällaista hahmottamista ja esittää selkeästi päätöksiin liittyviä epävarmuuksia.

Tehtyihin arvioihin liittyy huomattavia epävarmuuksia ja niitä tulisikin päivittää säännöllisesti, mutta edellä esitetyistä tuloksista voidaan kuitenkin tehdä joitakin vankkoja johtopäätöksiä. Kaikilla vähennystavoitteilla päästövähennyksiä kannattaa tehdä etupainoisesti, jolloin vähennyskauden alkuvuosina saavutetaan tavoitetta pienempi päästötaso ja näin saavutettuja vähennyksiä voidaan hyödyntää myöhemmin vuosina. Tämä korostuu etenkin tiukempien vähennystavoitteiden tapauksessa. Päästöyksiköiden ostomahdollisuutta hyödynnettiin kaikissa tarkastelutapauksissa mallissa lähes oletettu maksimimäärä. Mikäli uusia joustomahdollisuuksia (esim. muilta jäsenmailta ostettuja vuotuisia päästöyksiköitä) lisättäisiin tarkasteluun, päästötavoitteiden saavuttamisen kustannus todennäköisesti laskisi, riippuen kuitenkin uusille joustomahdollisuuksille oletetuista kustannuksista.

Päästövähennyskeinoista voidaan tunnistaa muutama toimi, jotka kustannusmielessä tarkasteltuna kannattaa toteuttaa kaikissa tapauksissa. Öljylämmityksen korvaaminen muilla lämmitysmuodoilla kattiloiden käyttöään lopussa nähtiin kustannustehokkaimmaksi vähennystoimeksi. Raakaöljyn hinnan oletetun nousun vuoksi tämän vähennystoimen kustannukset voivat olla myös negatiiviset. Myös F-kaasuihin ja kaatopaikkojen metaaniin liittyvät vähennykset otettiin käyttöön lähes kaikissa tarkastelutapauksissa.

Mallin sisältämät keinot eivät toisaalta sisällä kaikkia käytössä olevia keinoja, ja toisaalta joidenkin mallinnettujen keinojen toteuttamiseen saattaa liittyä tekniisiä, taloudellisia, poliittisia tai muihin ympäristövaikutuksiin liittyviä haasteita, jotka vaikeuttavat vähennyskeinon täytäntöönpanoa. Malli ei myöskään ota kantaa siihen, millaisilla ohjauskeinoilla vähennyksiin käytännössä päästään. Lisäksi pelkkiin kustannuksiin perustuva vähennyskeinojen valinta ei aina ole optimaalinen tai käytännönläheinen tapa lähestyä ongelmakenttää. Tehtäessä päätöksiä

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

käyttöön otettavista keinoista otetaan usein huomioon monia tavoitteita ja rajoituksia. Taulukossa 5.5 on esitetty mallin sisältämiin toimiin liittyviä lisähuomioita ja rajoituksia.

Taulukko 5.5. Tarkasteltuihin vähennyskeinoihin liittyviä huomioita.

Vähennyskeino	
Öljykattiloiden korvaaminen käyttöiän lopussa	Kustannukset pääasiassa negatiivisia. Lisää hieman päästöjä muilla sektoreilla, riippuen korvaavasta lämmitysmuodosta.
Öljykattiloiden ennenaikainen korvaaminen	Lisää hieman päästöjä muilla sektoreilla. Suuren kattilamäärän korvaaminen lyhyessä ajassa ongelmallista. Uusien kattiloiden ennenaikainen poisto kallista menetettävän pääoman vuoksi.
Hybridihenkilöautojen lisääminen	Kuluttajan kannalta edullinen toimi auton eliniän yli nykyisellä polttoaineiden verollisella hintatasolla. Kansantaloudelle kallis toimi verottomalla hinnalla laskettuna.
Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen	Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistämiseen liittyy monia muita hyötyjä, joita ei voida mitata kasvihuonekaasupäästöissä, kuten esimerkiksi sujuvampi liikenne ja lisääntyvän liikunnan tuomat kansanterveyshyödyt.
F-kaasupäästöjen vähentäminen kaupan kylmälaitteissa, rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöpumpuissa sekä teollisuuden kylmälaitteissa	Päästöjä ohjaa jo EU:n asetus No 842/2006. Asetuksen tiukentamista EU-tasolla harkitaan.
F-kaasut ajoneuvojen ilmastoinnissa	Päästöjä ohjaa jo direktiivi 2006/40/EC.
Metsätähdedieseltyökoneissa	Metsätähteiden käyttö vaikuttaa metsien hiilitaseeseen. Myös muut biopolttoaineet mahdollisia.
Lannan mädätys ja kompostointi	Päästövähennyksiä syntyy lannan varastoinnin päästöistä mikäli mädätys tapahtuu suljetussa tilassa ja vuodot ovat vähäisiä.
Kaatopaikkojen CH ₄ :n talteenotto	Päällekkäinen metaanin hapetuksen sekä biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisen kanssa.
Kaatopaikkojen CH ₄ :n hapetus	Päällekkäinen metaanin talteenoton sekä biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisen kanssa.

5. Malliarvio ei-PKS-tavoitteen saavuttamisesta ja kustannuksista

Useaa WAM-uraan sisältyvää vähennyskeinoa ei voitu kuvata laskentamalliin, koska keinon soveltaminen ennen vuotta 2020 nähtiin epärealistiseksi, vähennysmekanismin kuvaus oli liian epämääräinen tai kustannustietoja ei ollut. Jotta toimet voitaisiin lisätä malliin, tulisi vähennyskeinoja tutkia näiltä osin tarkemmin. Mikäli tarkastelua jatketaan vuodesta 2020 eteenpäin, ero mallissa saavutettavissa olevan päästötason ja tavoitteiden välillä kasvaa entisestään, ja siten myös tarve vähennyskeinojen tarkemmalle tuntemukselle ja uusien keinojen käyttöönotolle on suurempi.

6. Yhteenveto

Tähän julkaisuun on koottu arvioita ja näkökulmia päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista Suomessa. Alkuperäiset julkaisut ovat MTT:n (Regina ym. 2011), Suomen ympäristökeskuksen (Alaja 2009, Lindh 2010), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM 2011) ja ympäristöministeriön (YM 2008). Eri sektorien arvioiden perusteella on muodostettu päivitettyt nyky- ja lisätoimiurat koko ei-PK-sektorille.

Päivitettyjä lisätoimi- ja nykytoimiskenaarioita verrattiin Suomen nykyiseen 16 prosentin vähennystavoitteeseen ja mahdolliseen tiukempaan tavoitteeseen, jotta saataisiin arvioitua, kuinka pitkälle nykytoimet riittävät ja kuinka paljon tarvitaan lisätoimia. Päästövähennyksiä ja niihin liittyviä suoria kustannuksia tarkasteltiin myös epävarmuudet huomioon ottavalla SONETS-mallilla (Hast ym. 2011), mikä on kehitetty ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasujen ja päästövähennysten mallintamiseen.

Koska sekä päästöennusteisiin että kustannuksiin liittyy merkittävää epävarmuutta, ei vaadittavista vähennyskeinoista voida saada täysin varmoja arvioita. Ajan kuluessa saadaan uutta tietoa, minkä vuoksi perusuria ja lisävähennykeinojen joukkoa tulisi tarkistaa määräajoin.

6.1 Päästövähennykset

Nykyinen EU:n taakanjakopäätöksessä sovittu tavoite Suomelle on vähentää ei-PK-sektorin päästöjä 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Nykyisen tavoitteen lisäksi on tarkasteltu myös mahdollista siirtymää tiukempaan päästövähennystavoitteeseen, jos EU päättää siirtyä -30 %:n tavoitteeseen, sekä pitkän aikavälin vähennystavoitetta. Luvussa 2.1 on arvioitu, että jos EU:n sisäinen taakanjako tehtäisiin -30 %:n tavoitteessa samoilla periaatteilla kuin nykyinen taakanjako, Suomen ei-PK-sektorin tavoitteeksi tulisi noin -23 %.

6. Yhteenveto

Suurin osa ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöistä tulee liikenteestä (40 % vuonna 2005), rakennusten lämmityksestä (15 %) ja maataloudesta (15 %). Työkoneet, jätehuolto, F-kaasut ja kaikki muut ei-PKS-päästöt ovat yhteensä noin neljänneksen kokonaisuudesta. Muuten jokainen sektori on jonkin ministeriön vastuulla, mutta ei-PKS:n kaatoluokka ”muut ei-PKS-päästöt” (10 % vuoden 2005 päästöistä) eivät kuulu suoranaisesti minkään ministeriön vastualueelle eikä niihin ole siten suunniteltu päästövähennyskeinojakaan. Lisätoimiskenaariossa muiden päästöjen suhteellinen osuus ei-päästökauppasektorilla kasvaa, kun muiden sektorien päästöjä vähennetään.

Päästöjen vähentämiseksi on jo tehty toimia. Päivitetyt nykytoimiuran mukaan vuoteen 2020 mennessä nykytoimilla saavutettaisiin noin 7 % päästövähennys vuodesta 2005. Tämän lisäksi olisi mahdollista saavuttaa noin 10 prosenttiyksikön lisävähennys (n. 3 Mt CO₂ ekv), jos kaikki lisätoimet saataisiin toteutettua nopeasti ja tehokkaasti. Jos lisätoimiskenaarion kaikki vähennykset saataisiin toteutettua, Suomen nykyinen -16 %:n tavoite voitaisiin saavuttaa kokonaan kotimaisin toimin. Tämän lisäksi voidaan käyttää ostettuja päästöyksiköitä kalleimpien kotimaisten toimien välttämiseen ja tasaamaan päästöjen vuosittaista vaihtelua. Päästöjen vuosittaista vaihtelua voidaan tasoittaa myös EU:n taakanjakopäätöksen sallimilla ajallisilla joustoilla.

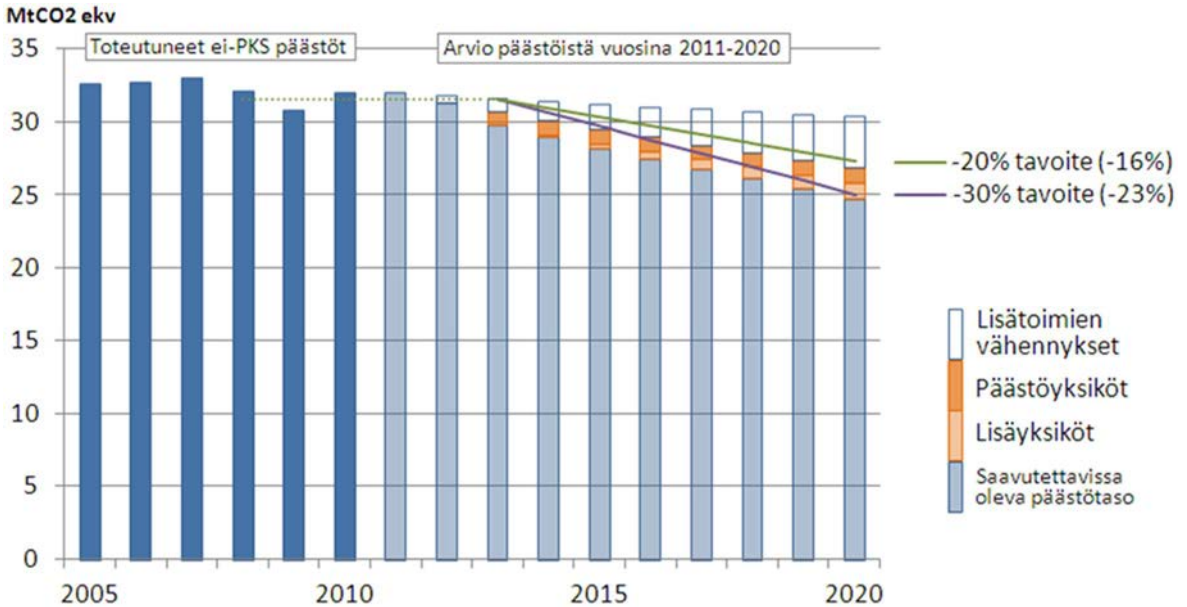
Yksi raportin keskeisistä tuloksista on, että aivan lähitulevaisuudenkin päästöarvioihin sisältyy huomattava epävarmuus, mikä vaikeuttaa päästövähennysten käytännön suunnittelua. Esimerkiksi vuosina 2008–2010 päästöt vaihtelivat noin 4 % vuosittain, mikä on varsin suuri vuosivaihtelu, kun sitä verrataan -16 %:n vähennystavoitteeseen.

Työssä tarkastellut kotimaiset toimet eivät riittäisi tiukemman -23 %:n tavoitteen saavuttamiseen, mutta tavoite voitaisiin saavuttaa päästöyksiköitä ostamalla. EU:n Ilmasto- ja energiapaketin mukaan puolet uusista päästövähennyksistä voitaisiin toteuttaa ostamalla päästöyksiköitä, mikä riittäisi tämän arvion mukaan juuri tiukemman tavoitteen saavuttamiseen, jos kaikki tarkastellut kotimaiset lisätoimiskenaarion päästövähennykset saataisiin toteutettua. Yhteenveto keskeisimmistä tuloksista on esitetty kuvassa 6.1 alla. Tulokset on esitetty yksityiskohdallisesti luvussa 4.

Kuvassa 6.1 esitettyjen joustomekanismien lisäksi Suomi pystyy ostamaan päästöyksiköitä myös vähiten kehittyneiltä mailta (least developed countries) ja muista jäsenmaista, mutta niitä ei lisätty kuvaan, sillä niiden tarjonnasta ei ole varmuutta. Lisäksi liikennesektorin perusura oli päivitettävänä ja sen päästöt ovat todennäköisemmin ainakin hieman pienemmät kuin tässä raportissa käyte-

6. Yhteenveto

tyn. Tässä mielessä alla esitetty arvio on siis hieman konservatiivinen ja tavoitteet voivat osoittautua helpommiksi saavuttaa.



Kuva 6.1. Vuosien 2005–2009 toteutuneet päästöt sekä vuoden 2010 ennakkotieto on esitetty tummansinisillä pylväillä. Vuodesta 2011 alkaen kaikkien pylväiden yhteenlaskettu korkeus vastaa nykytoimiskenaariota. Saavutettavissa oleva päästötaso (vaaleansininen pylväs) voidaan laskea nykytoimiskenaariosta, kun siitä vähennetään lisätoimiskenaarion vähennykset (valkoinen pylväs), käytettävissä olevat päästöyksiköt (oranssi pylväs) ja lisäyksiköt (vaaleanoranssi pylväs). Nykyinen -16 %:n tavoiteura (2013–2020) on esitetty vihreällä viivalla, vuosien 2008–2010 perusteella laskettu lähtötaso vihreällä katkoviivalla ja mahdollinen -23 %:n tavoiteura violetilla viivalla.

Yksityiskohtaisempi arvio päästövähennyksistä tehtiin SONETS-mallilla. Sen avulla arvioitiin, mitkä tarkasteltavista vähennyskeinoista kannattaisi toteuttaa, jos minimoidaan toimien kustannuksia ja otetaan huomioon epävarmuus lähtöarvoissa, kuten esimerkiksi öljyn hinnassa ja liikennesuoritteiden kehittämisessä. Mallissa eri lähtöarvojen perusteella valittuja päästövähennyskeinoja kutsutaan portfolioiksi. Taulukkoon 6.1. on koottu yhteenveto päästövähennyskeinoista, jotka toteutuivat kaikissa, joissakin tai ei missään mallinnetuista portfolioista. Lisätietoa mallin päästövähennyskeinoista löytyy luvusta 5.4 ja tarkempi lista toteutettavista keinoista on taulukossa 5.3

6. Yhteenveto

Taulukko 6.1. Mallin sisältämien päästövähennyskeinojen toteuttaminen tarkastelluissa kustannusoptimaalisissa portfolioissa.

Toteutetaan kaikissa portfolioissa	Toteutetaan joissakin portfolioissa	Ei toteuteta missään portfolioissa
Öljykattiloiden korvaaminen käyttöään lopussa (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	Öljykattiloiden ennenaikainen korvaaminen (korvaajina maalämpö, ilmalämpö, suora sähkölämmitys tai bioöljy)	Henkilöautojen polttoainetehokkuuden lisäparantaminen hybriditeknikalla
F-kaasupäästöjen vähentäminen kaupan kylmälaitteissa	F-kaasupäästöjen vähentäminen rakennusten ilmastoinnissa ja lämpöpumpuissa	Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen
Kaatopaikkojen CH ₄ :n talteenotto	F-kaasupäästöjen vähentäminen teollisuuden kylmälaitteissa	F-kaasupäästöjen vähentäminen ajoneuvojen ilmastoinnissa
Kaatopaikkojen CH ₄ :n hapetus	Lannan mädätys ja kompostointi sikatiloilla	Biopolttoaineen käytön lisääminen työkoneissa
		Lannan mädätys ja kompostointi karjatiloilla

Useaan mallilla tarkasteltuun päästövähennyskeinoon liittyy käytännön ongelmia, jotka tulisi ottaa huomioon, kun näistä keinoista keskustellaan. Jotkin ei-päästökauppasektorin päästövähennyskeinot aiheuttavat jonkin verran päästöjä joko Suomessa muilla sektoreilla (esim. öljykattiloiden korvaaminen) tai muissa maissa (esim. biopolttoaineet, jos ne perustuvat tuontiin tai tuontiraaka-aineisiin). Osaan liittyy vaikea toteutettavuus käytännössä (esim. öljykattiloiden ennenaikainen korvaaminen) ja toisia taas säädellään jo EU:n tasolla, eikä kansallinen säädösten lisäksi välttämättä ole tarkoituksenmukaista (esim. F-kaasut). Tarkempi lista keinoihin liittyvistä lisähuomioista on taulukossa 5.5.

Vuoden 2020 tavoitteen tarkastelemisen lisäksi on tärkeää muistaa, että todennäköisesti vuonna 2030 olisi päästävä entistä tiukempaan päästövähennystavoitteeseen. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että tarkasteltavien ja käyttöön otettavien keinojen joukkoa laajennetaan.

6.2 Kustannukset

Vuoden 2020 tavoitteiden saavuttamisen kustannuksia ei voitu arvioida kirjallisuuskatsauksen perusteella, sillä vain muutamassa lähteessä oli arvioitu lisätoimien kustannuksia. Tässä raportissa kustannusarvio on tehty VTT:n SONETS-

6. Yhteenveto

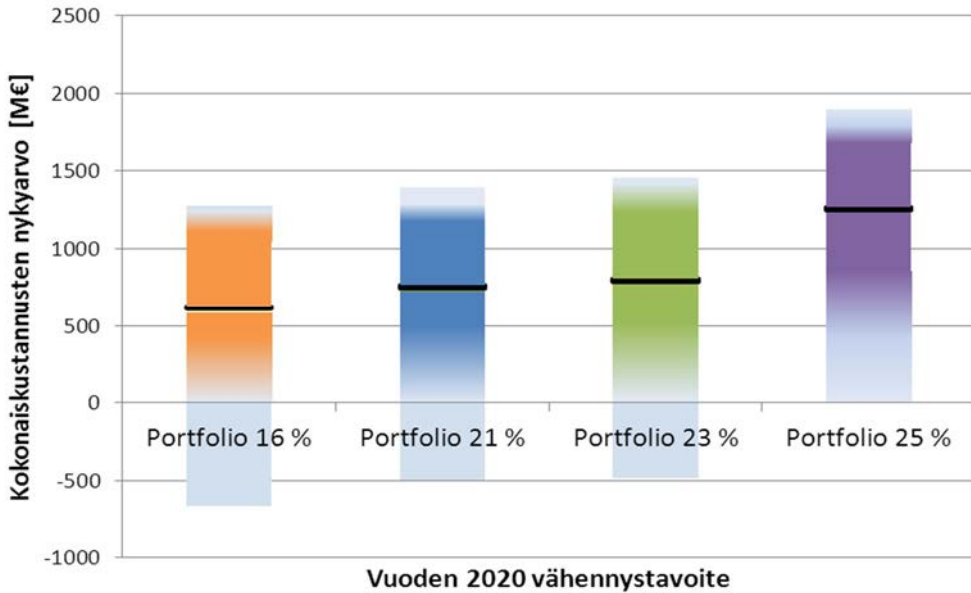
mallilla, jossa on mallinnettu kaikki ei-päästökauppasektorin päästölähteet ja useita päästövähennyskeinoja.

Kustannukset on esitetty mallissa päästöjen rajoittamisen näkökulmasta eikä niitä voi suoraan kohdistaa millekään yksittäiselle toimijalle, kuten valtiolle. Osa toimista voi olla hallinnollisesti erittäin halpoja, kuten esimerkiksi liikenteen biopolttoaineiden jakeluvelvoite, mutta silloin kustannukset kohdistuvat johonkin muuhun järjestelmän osaan. Kustannusarviot sisältävät pelkästään suorat kustannukset; kansantalouden kautta realisoituvat epäsuorat kustannukset on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Malliarvion perusteella nykyisen -16 %:n tavoitteen saavuttaminen maksaisi noin 600 M€ mutta arvio sisältää liikenteen biopolttoainetavoitteen ja biokaasun syöttötariffin kustannukset (noin 400 M€). Lisäkustannukset tiukempaan -23 %:n tavoitteeseen siirtymisestä olisivat noin 200 M€ Kustannuslisä on suhteessa pienempi kuin nykyisen tavoitteen saavuttamisen kustannukset, sillä EU:n ilmasto- ja energiapaketin mukaan puolet tiukemmasta tavoitteesta saa toteuttaa hankittavilla päästöyksiköillä. Malliajojen kustannusten odotusarvo ja todennäköisyysjakauma eri päästövähennystavoitteissa on esitetty kuvassa 6.2. alla. Kustannusarvioon sisältyvät oletukset ja menetelmien valinnat on selitetty tarkemmin luvussa 5.

Kustannuksiin liittyvä epävarmuus on suurempi kuin päästötasoon, sillä öljyn hinta on keskeinen tekijä arvioitaessa useiden toimien kustannuksia ja se on vaihdellut historiallisesti erittäin paljon. Herkkyystarkastelussa havaittiin, että öljyn hinnan nousu 10 \$/barreli vuosina 2010–2020 pienentäisi portfolioiden kokonaiskustannuksia noin 100 M€ Jos öljyn hinta kallistuisi merkittävästi, voitaisiin usealla päästö-vähennyskeinolla saavuttaa myös säästöjä.

6. Yhteenveto



Kuva 6.2. Portfolioiden kokonaiskustannuksiin sisältyvät epävarmuudet 95 %:n luottamusväylillä. Portfolioiden kokonaiskustannusten nykyarvon odotusarvo on merkitty mustalla poikkiviivalla. Kustannusarviot sisältävät myös liikenteen biopolttoaineiden ja biokaasun kustannukset (noin 400 M€).

Päästöyksiköiden hinta on pudonnut vuoden 2011 aikana talouskriisin edetessä yli 25 %, ja on mahdollista, että hinta jää oletettua pienemmäksi myös tulevaisuudessa. Alempi päästöyksiköiden hinta ei kuitenkaan vaikuttaisi kustannustehokkaisiin päästövähennyskeinoihin, sillä esitetyt vähennysportfoliot sisältävät jo suurimman sallitun määrän päästöyksiköitä. 5 €/tCO₂ halvempi päästöyksiköiden hinta laskisi kustannuksia noin 50 M€portfoliosta riippuen. Kuvassa 6.2 esitetty kustannusarvio sisältää epävarmuuden myös päästöyksiköiden hinnasta.

On tärkeää muistaa, että teknis-taloudellisen potentiaalin lisäksi päästövähennystoimia tulisi tarkastella myös mm. muiden ympäristövaikutusten, hyötyjen, hyväksyttävyyden ja poliittisen toteutettavuuden näkökulmista. Tässä raportissa muut näkökulmat huomioidaan siinä määrin, kuin kirjallisuuskatsauksessa käytetyt raportit ovat niitä huomioineet. Etenkin maataloudessa lisätoimien toteutettavuus ja päästövähennysten määrän arvioiminen on haasteellista.

Lähdeluettelo

- AEA 2011. Next phase of the European Climate Change Programme: Analysis of Member States actions to implement the Effort Sharing Decision and options for further communitywide measures; Reference: DG ENV C.5/SER/2009/0037. AEA, Ecofys & Fraunhofer Institute.
- Alaja, T. 2009. Emission abatement options and cost effect for fluorinated greenhouse gases-Emission projections for fluorinated greenhouse gases up to 2050. Suomen ympäristökeskus (SYKE)..
- Directive 2006/40/EC of the European Parliament and of the Council relating to emissions from air-conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EEC.
- EC 2006. Regulation (EC) No 842/2006 of the European Parliament and of the Council on certain fluorinated greenhouse gases.
- EC 2009. Decision No 406/2009/EC. Decision on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020
- EC 2010. COM 265. Analysis of options for reducing the EU's greenhouse gas emissions by 30% by 2020 [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52010DC0265:EN:NOT\(7.12.2011\)](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52010DC0265:EN:NOT(7.12.2011)).
- EC 2011. COM 112. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. European Commission, Climate Action. Policies. Roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050. http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/documentation_en.htm (5.12.2011).
- EEA 2011. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 – Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets. European Environment Agency, October 2011.
- Hast, A., Ekholm, T. ja Savolainen, I. 2011, Suomen kansallisten päästövähennystoimien epävarmuuksien ja riskin arviointi, VTT Working paper 165, <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W165.pdf> (5.12.2011).
- Huhtinen, K., Lilja, R., Sokka, L., Salmenperä, H., Runsten, S. 2007. Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2016. Suomen ympäristökeskus (SYKE)..

- Ismail, B., Forsell, P., Grönfors, K., Pipatti, R., 2011. Päästökauppa- ja ei-päästökauppasektorin tietojen tuottaminen EU:n ilmasto- ja energiapaketin seuranta varten. Tilastokeskus.
- Lahti, P., Moilanen, P. 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
- Lindh, P. 2010. Emission projections for fluorinated greenhouse gases in Finland up to 2050, update of projections published in 2009 (Alaja 2009) Suomen ympäristökeskus (SYKE).
- LVM 2011. Liikennepoliitikan ilmasto. Baseline-kehitys sekä asiantuntijoiden ja nuorten visiot liikenteen hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2050. Liikenne ja viestintäministeriön julkaisuja 19/2011.
- Martinkauppi, K. (toim.) 2010. ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf (3.1.2012).
- Motiva 2011a. Liikenne. <http://www.motiva.fi/liikenne> (5.12.2011).
- Motiva 2011b. Maatilojen energiaohjelma: Energiaa viisaasti maatilalla. <http://www.digipaper.fi/Motiva/65070> (5.12.2011).
- Motiva 2011c. Rakentaminen. <http://www.motiva.fi/rakentaminen> (5.12.2011).
- Regina, K., Lehtonen, H., Perälä, P. 2011. Maatalouden rooli kasvihuonekaasupäästöjen tuottajana ja osana ilmastopolitiikkaa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT.
- TEM 2011. Projections and Assessment of Policies and Measures. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Tilastokeskus 2011. Päästökauppa- ja ei-päästökauppasektorin tietojen tuottaminen EU:n ilmasto- ja energiapaketin seuranta varten, Ismail, B., Forsell, P., Grönfors, K., Pipatti, R.,
- Vehviläinen, I., Halonen, M., Hiltunen, J., Kjellman, J., Kumpulainen, A., Pursula, A., Vanhanen, J. 2009. Energiatohokkuus kansainvälisesti. Sitran raportteja 83, Helsinki.
- YM 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Ympäristöministeriön sektoriselvitys Ympäristöministeriön raportteja 19/2008.

Liite A: Ei-PK-sektorien päästöt CRF-luokittain

Ei-PK-sektorit (2013 päästökaupparajauksella)	CRF	1990	2005	2006	2007	2008	2009
Liikenne		11,7	12,7	12,9	13,2	12,7	12,1
Lentoliikenne, yleisilmailu	1A3a (osa)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tieliikenne	1A3b	11,1	12,0	12,1	12,5	12,1	11,5
Rautatieliikenne (pl. sähkö)	1A3c	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vesiliikenne (pl. kalastus)	1A3d	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
Maatalous	4	6,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,7
Rakennusten lämmityksen polttoaineet		6,7	4,9	4,8	4,7	4,5	4,6
Liike- ja palvelurakennukset ja sekä julkiset rakennukset	1A4a	1,9	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
Asuinrakennukset	1A4b	3,3	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4
Maatalouden tuotantorakennukset	1A4c (osa)	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9
Energian tuotanto (kauko- ja aluelämpölaitokset)	1A1a (osa)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Työkoneet		2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,3
Rakentamisen työkoneet	1A2fc	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9
Maa- ja metsätalouden työkoneet	1A4c (osa)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
Muut työkoneet	1A3e	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
Jäte	6	4,0	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2
F-kaasut	2E-F	0,1	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9
Muut päästöt: Muut energiaperäiset		4,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,7
Energian tuotanto (teollisuutta palvelevat lämpölaitokset)	1A1 (osa)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Teollisuuden polttoaineet	1A2	1,7	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9
Kalastusalukset	1A4c (osa)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muu polttoaineiden käyttö	1A5a (osa)	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
Raaka-aineiden polttoainekäyttö	1A5a (osa)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Energiasektorin epäsuorat päästöt	1A5al	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Polttoaineiden haihtumapäästöt	1B (osa)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muut päästöt: Prosessipäästöt		0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Mineraaliteollisuus	2A	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kemian teollisuus	2B	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Rauta- ja terästeollisuus	2C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Teollisuuden epäsuorat päästöt	2A-D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muut päästöt: Liuottimet	3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ei-PKS yhteensä		35,9	32,5	32,6	32,9	32,0	30,7

Liite B: Nyky- ja lisätoimiskenaarioiden oletukset

Raportissa käytettyjen arvioiden oletukset nykytoimi- ja lisätoimiskenaarioista sekä toteutettavat päästövähennystoimet.

	WM	WAM
Maatalous		
Oletukset	Eloperäisten maiden pinta-alan kasvu jatkuu	Eloperäisten maiden pinta-alan kasvu jatkuu
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (Reginan 2011 mukaan)		<ul style="list-style-type: none"> Nurmen osuutta lisätään eloperäisillä mailla 44 %:sta 80 %:iin vuosina 2008–2020
Jätehuolto		
Oletukset	Ei huomioida massapolton päästöjä	Ei huomioida massapolton päästöjä
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (YM:n 2008 mukaan)		<ul style="list-style-type: none"> Kierrätykseen soveltumattoman jätteen poltto ja mädätys (alueellinen jätehuolto) Ympäristölupajärjestelmän kehittäminen Jätepuun polton ympäristövaatimusten keventäminen Jätehuollon ohjaus Jätteen mädätyksen edistäminen Biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksesta luopuminen (jätevero ja loppusijoituskielto) Biokaasun talteenotto ja hyödyntäminen (syöttötariffi) Haja- ja loma-asutusalueiden liittäminen keskitettyihin viemärijärjestelmiin
Päästövähennystoimet (TEM:n 2011 mukaan)	<ul style="list-style-type: none"> Kaatopaikkadirektiivin ja kansallisen lainsäädännön vaikutus kaatopaikkajätteen määrään 	<ul style="list-style-type: none"> Jätteen poltto ja mädätys Biojätteen kaatopaikkasijoituksen vähentäminen Biokaasun keruu ja hyödyntäminen (kaatopaikat) Haja-asutusalueiden jäteveden käsittelyn kehittäminen
F-kaasut		
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (Lindhin 2010 mukaan)	<ul style="list-style-type: none"> EU:n F-kaasumääräyksien ja ajoneuvojen ilmastointilaitteita koskevan direktiivin vaikutukset 	<ul style="list-style-type: none"> HFC-aineiden käytön kieltäminen uusissa kylmä- ja ilmastointilaitteissa 2015 jälkeen
Liikenne		
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (TEM:n 2011 mukaan)	<ul style="list-style-type: none"> Biopoltoaineiden osuus vähintään 10 % myydystä polttoaineesta vuonna 2020 Autokantojen uudistuminen nykyistä nopeammin; uusien autojen ominaispäästöt noin 100 g CO₂/km vuonna 2020 Energiatehokkuuden kehittyminen 	<ul style="list-style-type: none"> Liikennesuoritteiden määrään ja liikennemuotoihin vaikuttaminen taloudellisen ohjauksen keinoin (polttoaineiden verotuksen muutokset, tienkäyttömaksut)

Liite B: Nyky- ja lisätoimiskenaarioiden oletukset

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen käytön yleistymisen ▪ Liikennesuorituksen kohtuullinen kasvu (vuotuinen kasvu noin 0,5–1,5 %) 	
Työkoneet		
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (YM:n 2008 mukaan)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biopolttoaineiden käytön lisääminen siten, että biokomponentin osuus on noin 10 % kaikesta työkonepolttoaineesta vuonna 2020
Rakennusten lämmitys		
Skenaarioiden sisältämät päästövähennystoimet (Martinkaupin 2010 mukaan)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uusiutuvien energialähteiden lisääntyminen ▪ Vanhan rakennuskannan korvautuminen energiatehokkaammilla rakennuksilla 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ WAM1: Asuinrakennuksissa käytettyjen öljykattiloiden korvautuminen muilla lämmitysmuodoilla käyttöiän loppussa ▪ WAM2: Kaikkien asuinrakennuksissa käytettyjen öljykattiloiden korvaaminen ennenaikaisesti

Lähteet

Lindh, P. 2010. Emission projections for fluorinated greenhouse gases in Finland up to 2050, update of projections published in 2009 (Alaja 2009) Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Martinkauppi, K. (toim.) 2010. ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017. Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. http://era17.fi/wp-content/uploads/2010/10/ERA17_loppuraportti.pdf (3.1.2012).

Regina, K., Lehtonen, H., Perälä, P. 2011. Maatalouden rooli kasviuonekaasupäästöjen tuottajana ja osana ilmastopolitiikkaa. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT.

TEM 2011. Projections and Assessment of Policies and Measures. Työ- ja elinkeinoministeriö.

YM 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Ympäristöministeriön sektoriselvitys Ympäristöministeriön raporteja 19/2008.

Liite C: Kirjallisuuskatsaus päästövähennystoimista eri sektoreilla

Eri sektoreiden mahdollisia päästövähennystoimia ja niillä saavutettavia päästövähennyksiä.

Maatalous	Päästövähennystoimi	Päästövähennyspotentiaali vuonna 2020 (Mt CO ₂ ekv)	Lähde	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nautojen ruokintamuutokset ▪ Eliniän pidentäminen ▪ Lihankulutuksen alentaminen ▪ Biokaasu (puolet isoista tiloista) 	<p>0,18 ? ? 0,02</p>	Regina ym. 2011: MTT:n raportissa listataan 12 eläintuotantoon ja lannankäsittelyyn, maaperän N ₂ O-päästöihin ja maankäytön päästöihin kohdistuvaa lisätoimea. Merkittävä osa raportoiduista keinoista vaatii kuitenkin vielä lisätutkimusta, esim. päästöjen kenttämittauksia tai arvioita satovaikutuksista. Raportin keinoista vain nurmikasvien lisääminen eloperäisillä mailla arvioitiin toteutuskelpoiseksi vuoteen 2020 mennessä.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Typpilannoituksen tarkentaminen ▪ Talviaikainen kasvipeitteisyys ▪ Täsmäviljely ▪ Nitrifikaatio-inhibiitorit 	<p>0,2 Ei arviota 0,04 0,2</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eloperäisten viljelymaiden pinta-alan vakauttaminen nykytasolle ▪ Nurmen osuuden lisääminen eloperäisillä mailla ▪ Eloperäisen pinta-alan vakauttaminen ja nurmen osuuden lisääminen ▪ Vedenpinnan nosto nykyisellä nurmipinta-alalla (säätösala-ojitus) ▪ Vedenpinnan nosto koko nyky-pinta-alalla (säätösala-ojitus) 	<p>0,65 0,56 0,66 0,07 0,25</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lannan mädätys ja kompostointi (karjatilat) ▪ Lannan mädätys ja kompostointi (sikatilat) ▪ Lannan mädätys ja kompostointi (siipikarjatilat) 	<p>0,36 0,26 0,13</p>		Hast ym. 2011
Jätehuolto				
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoituksen säätely ▪ Biokaasun talteenotto ja hyödyntäminen 			Huhtinen ym. 2007

Liite C: Kirjallisuuskatsaus päästövähennystoimista eri sektoreilla

	Päästövähennystoimi	Päästövähennyspotentiaali vuonna 2020 (Mt CO ₂ ekv)	Lähde
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orgaanisen aineksen kaatopaikkasijoituksen täyskielto ▪ Kaatopaikkojen metaanin talteenotto ▪ Kaatopaikkojen metaanin hapetus 	0,3 0,3 0,6	Hast ym. 2011
F-kaasut			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-kaasujen käytön korvaaminen ja käytön osittainen kielto 	0,07	TEM 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kaupan kylmälaitteet ▪ Rakennusten ilmastointi ja lämpöpumput ▪ Teollisuuden kylmälaitteet ▪ Ajoneuvojen ilmastointi 	0,3 0,1 0,08 0,06	Hast ym. 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lisätoimina F-kaasuille vaihtoehtoisten ratkaisuiden edistäminen (informaatio-ohjaus) sekä F-kaasujen osittainen käyttökielto 	0,07 Mt CO ₂ ekv vuonna 2020 ja 0,5 Mt CO ₂ ekv vuonna 2050	YM 2008
Liikenne			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Joukkoliikenteen edistäminen ▪ Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen ▪ Henkilöautoliikenteen määrään ja osuuteen vaikuttaminen 	0,15 0,12–0,15 2,4–4	Lahti ym. 2010
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen edistäminen ▪ Maakaasun käytön lisääminen raskaassa liikenteessä 	0,15 1,3	Hast ym. 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liikenteen määrään ja kulkutapajakaumiin vaikuttaminen (keinoina esim liikennejärjestelmät, liikkumisen ohjaus, hinnoittelu, maankäytön suunnittelu) ▪ Taloudellinen ajotapa, matkojen ketjuttaminen, kimpakyydit ▪ Vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö ▪ Ajoneuvojen moottoritekniikan parannukset 		Motiva 2011a

Liite C: Kirjallisuuskatsaus päästö-vähennystoimista eri sektoreilla

Työkoneet	Päästövähennystoimi	Päästövähennyspotentiaali vuonna 2020 (Mt CO ₂ ekv)	Lähde
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biopolttoaineen käytön lisääminen (biokomponentin osuus käytetystä polttoaineesta 10 % vuonna 2020) 	0,3	Hast ym. 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Käytön vähentäminen työskentelyn suunnittelulla ja työvaiheiden yhdistämisellä ▪ Energiankulutuksen pienentäminen urakoinnin ja koneiden yhteiskäytön avulla 		Motiva 2011b
Rakennusten lämmitys			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asuinrakennuksissa käytettyjen öljykattiloiden korvaaminen muilla lämmitysmuodoilla käyttöiän lopussa ▪ Asuinrakennuksissa käytettyjen öljykattiloiden ennakoinninen korvaaminen muilla lämmitysmuodoilla 	0,44 1,2	Hast ym. 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Yhdyskuntarakenteeseen vaikuttaminen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Suunnittelu ○ Maa- ja asuntopoliittika ○ Taloudellinen ja tuotannollinen ohjaus 		Lahti ym. 2010
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energiatohokkuuden lisääminen ▪ Uusiutuvan energian käytön lisääminen 		TEM 2011
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energiatohokkuuden lisääminen (rakennusvaiheessa tehtävät valinnat) ▪ Lämmitysjärjestelmän valinta 		Motiva 2011c

Lähteet

Hast, A., Ekholm, T. ja Savolainen, I. 2011, Suomen kansallisten päästövähennystoimien epävarmuuksien ja riskin arviointi, VTT Working paper 165, <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W165.pdf>

Huhtinen, K., Lilja, R., Sokka, L., Salmenperä, H., Runsten, S. 2007. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Liite C: Kirjallisuuskatsaus päästövähennystoimista eri sektoreilla

Lahti, P., Moilanen, P. 2010. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Kehitysvertailuja 2005–2050. Suomen ympäristö 12/2010. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Motiva 2011a. Liikenne. <http://www.motiva.fi/liikenne> (5.12.2011).

Motiva 2011b. Maatilojen energiaohjelma: Energiaa viisaasti maatilalla. <http://www.digipaper.fi/Motiva/65070> (5.12.2011).

Motiva 2011c. Rakentaminen. <http://www.motiva.fi/rakentaminen> (5.12.2011).

TEM 2008. Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf (3.1.2012).

TEM 2011. Projections and Assessment of Policies and Measures. Työ- ja elinkeinoministeriö. http://www.stat.fi/tup/khkinv/fin_nc5_luku5.pdf (3.1.2012).

YM 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Ympäristöministeriön sektoriselvitys Ympäristöministeriön raportteja 19/2008.

Liite D: SONETS-mallin tarkempi kuvaus

Stokastisessa optimointimallissa (SONETS, Stochastic Optimization of Non-ETS Emissions, Hast ym. 2011) tarkastellaan Suomen päästökauppasektorin ulkopuolisten sektoreiden (lukuun ottamatta LULUCF) päästöjen kehitystä ja vähennysmahdollisuuksia aikavälillä 2013–2020. Malli sisältää 14 päästövähennystoimea, jotka voidaan aloittaa toisistaan riippumatta minä tahansa vuotena tarkastellulla aikavälillä. Keinojen toteuttamiseen sisältyy kuitenkin kustannuksia, ja optimoinnilla pyritään muodostamaan toteutettavista toimista ja niiden aloitusvuodesta koostuva vähennyskeinoportfolio, joka täyttää odotusarvoisesti asetetun päästövähennystavoitteen mahdollisimman pienin kokonaiskustannuksin. Kustannukset on laskettu nykyarvoina käyttäen 5 prosentin korkokantaa.

Keinot on pyritty rajaamaan mallissa siten, etteivät ne vaikuta päällekkäisesti saman päästölähteen päästöihin, tai mahdolliset päällekkäisyyksien vaikutukset on kyetty huomioimaan. Malli on rajoitettu tarkastelemaan ainoastaan keinojen vaikutuksia ei-päästökauppasektorin päästöihin. Mikäli optimointi valitsee keino toteutettavaksi, keino toteutetaan täydessä potentiaalissaan. Tällöin mallissa voidaan vähennyskeinoja toteuttamalla saavuttaa vain tietyn suuruisia diskreettejä päästövähennyksiä perusuraan verrattuna. Mallin perusura on määritetty siten, että se sisältää liikenteen biopolttoainetavoitetta ja biokaasun syöttötariffia vastaavien toimien päästöjä vähentävät vaikutukset ja kustannukset kaikissa portfolioissa.

Päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi voidaan hyödyntää myös joustomekanismeja. Mallissa huomioidaan ajallinen joustomahdollisuus siten, että seuraavalle vuodelle voidaan siirtää päästöjä määrä, joka vastaa 5 prosenttia kyseisen vuoden päästokiintiöstä (yläraja seuraavalle vuodelle siirrettävästä päästömäärästä on laskettu Suomen -16 %:n vähennystavoitteen mukaan kaikissa tässä raportissa tarkastelluissa tapauksissa). Mikäli jonain vuonna päästöt ovat alle vuotuisen tavoitteen, voidaan käyttämättä jääneet päästöyksiköt siirtää seuraavalle vuodelle ilman rajoituksia.

Ajallisten joustojen lisäksi mallissa on huomioitu päästöyksiköiden ostot siten, että yksiköitä voidaan ostaa luvussa 5.2 esitetty, päästötavoitteesta riippuva kumulatiivinen enimmäismäärä. Mallissa päästöyksiköiden ostot tehdään kokonaisuudessaan aikavälin alussa, jolloin käyttämättä jääneet päästöyksiköt voidaan siirtää seuraaville vuosille. Ostettavaan päästöyksiköiden määrään ei mallissa sisälly epävarmuutta, mutta päästöyksiköiden hintaan sisältyvä epävarmuus on kuvattu todennäköisyysjakauman avulla.

Päästöyksiköiden hinnan lisäksi epävarmuutta liittyy mallissa perusrapäästöihin sekä päästövähennyskeinoilla saavutettavaan päästöväheneeseen ja niiden kustannuksiin. Tällöin päästövähennyskeinoista koostuvalla portfoliolla on riski olla saavuttamatta arvioitua päästöväheneemää tai toisaalta aiheuttaa ennakoitua suuremmat kustannukset. Näiden riskien suuruuden arvioimiseksi malliin on sisällytetty epävarmuustarkastelu. Kunkin epävarman muuttujan saama arvo on kuvattu todennäköisyysjakauman avulla siten, että jakauman leveys kuvaa epävarmuuden suuruutta. Mallissa epävarmuutta liittyy esimerkiksi energian markkinahintoihin sekä muuttujiin, jotka vaikuttavat päästöjen muodostumiseen. Tällöin esimerkiksi liikennesektorilla epävarmuutta liittyy liikennesuoritteiden ja autojen päästökertoimen kehitykseen.

Taustamuuttujien epävarmuuksien vaikutus lopputuloksiin määritetään Monte Carlo -menetelmän avulla. Menetelmä valitsee silloin jokaisesta mallin satunnaismuuttujan jakaumasta satunnaisluvun ja laskee lopputulokset näiden satunnaislukujen perusteella. Laskenta toistetaan useita tuhansia kertoja uusilla satunnaisluvuilla, jolloin eri lähtötietoja hyödyntävien lopputulosten joukko voidaan tulkita lopputuloksien vaihtelua kuvaaviksi jakaumiksi.

Koska lähitulevaisuuteen liittyen ilmiöiden ennustaminen on varmempaa kuin pitkälle tulevaisuuteen ulottuvien ilmiöiden, on mallissa epävarmojen muuttujien saamia arvoja kuvattu ajan myötä levenevinä todennäköisyysjakaumina. Tällöin muuttujan myöhempiin arvoihin liittyy suurempi vaihteluväli kuin lähitulevaisuuden arvoihin. Tämä on kuvattu mallissa satunnaiskulun (random walk) avulla. Satunnaiskulussa alkupisteinä käytetään mallissa vuotta 2010. Prosessi siirtyy pisteestä seuraavaa ajanhetkeä kuvaavaan pisteeseen valiten siirtymisen suunnan satunnaisesti.

Tekijä(t) Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen		
Nimeke Arvio ei-päästökauppasektorin päästövähennyskeinoista ja -kustannuksista Suomessa		
<p>Tähän julkaisuun on koottu arvioita ja näkökulmia päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista Suomessa. Alkuperäiset julkaisut ovat MTT:n, Suomen ympäristökeskuksen, liikenne- ja viestintäministeriön ja ympäristöministeriön. Eri sektorien päästöennusteiden perusteella on muodostettu päivitetty nyk- ja lisätoimiurat koko ei-PK-sektorille.</p> <p>Päivitettyjä lisätoimi- ja nykytoimiskenaarioita verrattiin Suomen nykyiseen -16 %:n päästövähennystavoitteeseen vuodelle 2020 ja mahdollisesti tulevaan tiukempaan tavoitteeseen, jotta saataisiin arvioitua, kuinka pitkälle nykytoimet riittävät ja kuinka paljon tarvitaan lisätoimia. Päästövähennyksiä ja niihin liittyviä suoria kustannuksia tarkasteltiin myös epävarmuudet huomioon ottavalla SONETS-mallilla (Hast ym. 2011), joka on kehitetty ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasujen ja päästövähennysten mallintamiseen.</p> <p>Suomen nykyinen -16 %:n tavoite, joka vastaa EU:n 20 %:n päästövähennystavoitetta, voitaisiin saavuttaa kokonaan kotimaisin toimin. Tämän lisäksi voidaan ostaa päästöyksiköitä, joilla voidaan välttää kaikista kalleimmat kotimaiset toimet ja tasata päästöjen vuosittaista vaihtelua. Työssä tarkastellut kotimaiset toimet eivät riittäisi saavuttamaan tiukempaa -23 %:n tavoitetta, joka vastaisi likimain EU:n mahdollista 30 %:n tavoitetta. Suomi voisi kuitenkin saavuttaa -23 %:n tavoitteen päästöyksiköitä ostamalla. Malliarvion perusteella nykyisen -16 %:n tavoitteen saavuttaminen maksaisi noin 600 M€, mutta arvio sisältää liikenteen biopoltoainetavoitteen ja biokaasun syöttötariffin kustannukset (noin 400 M€). Lisäkustannukset tiukempaan -23 % tavoitteeseen siirtymisestä olisivat noin 200 M€. Koska sekä päästöennusteisiin että kustannuksiin liittyy merkittävää epävarmuutta, vaadittavista vähennyskeinoista ei voida saada täysin varmoja arvioita. Ajan kuluessa saadaan uutta tietoa, minkä vuoksi perusuria ja lisävähennykeinojen joukkoa tulisi tarkistaa määräjain.</p>		
ISBN 978-951-38-7796-5 (nid.) 978-951-38-7797-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero
Julkaisu-aika Joulukuu 2011	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 67 s. + liitt. 9 s.
Projektin nimi FINROADMAP		Toimeksiantaja(t) Ympäristöministeriö
Avainsanat Non-ETS emission reductions, non-ETS, greenhouse gas emissions, emission projections		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374



Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2605
VTT-TIED-2605

Author(s) Tomi J. Lindroos, Aira Hast, Tommi Ekholm & Ilkka Savolainen		
Title Estimating abatement potential and reduction costs at the Finnish non-ETS sector		
Abstract <p>In this publication, we estimate the abatement potential and reduction costs at the Finnish non-ETS sector. We collected estimates and viewpoints from the literature and updated emission projections of each non-ETS subsector.</p> <p>We compared updated 'with measures' and 'with additional measures' estimated to current -16 % target for Finland and to possible tighter target (estimated -23 %). The current target would be possible to reach with domestic measures only if all additional measures could be implemented. We also used SONETS-model to estimate the costs and economically reasonable emission reduction measures to reach the targets.</p>		
ISBN 978-951-38-7796-5 (soft back ed.) 978-951-38-7797-2 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number
Date December 2011	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 67 p. + app. 9 p.
Name of project FINROADMAP		Commissioned by Ministry of the Environment
Keywords Non-ETS emission reductions, non-ETS, greenhouse gas emissions, emission projections		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374

Tähän julkaisuun on koottu arvioita ja näkökulmia kasvihuonekaasujen päästökaupan ulkopuolisten sektorien päästövähennyskeinoista Suomessa. Eri sektorien arvioiden perusteella muodostettiin päivitettyt nyky- ja lisätoimiurat koko ei-PK-sektorille.

Päivitettyjä lisätoimi- ja nykytoimiskenaarioita verrattiin Suomen nykyiseen -16 %:n päästövähennystavoitteeseen ja mahdolliseen tiukempaan tavoitteeseen, jotta saataisiin arvioitua, kuinka pitkälle nykyiset politiikkatoimet riittävät ja kuinka paljon tarvitaan lisätoimia. Päästövähennyksiä ja niihin liittyviä suoria kustannuksia tarkasteltiin myös epävarmuudet huomioon ottavalla SONETS-mallilla (Hast ym. 2011), joka on kehitetty ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasujen ja päästövähennysten mallintamiseen.

Lisäksi julkaisussa arvioidaan päästövähennysten kannalta keskeisimpiä vaikuttavia tekijöitä ja tarjotaan näkökulmia yksityiskohtaisempiin tutkimuksiin erillisillä sektoreilla sekä laajempaan ja tarkempaan keskusteluun aiheesta, jota käydään mm. Ilmasto- ja energiastrategiaa päivitettäessä.