



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

**PÄÄSTÖVÄHENNYSPOJKU KOHTI HIILINEUTRAALIA
SUOMEA - HAHMOTELMA**

JYRI SEPPÄLÄ, HANNU SAVOLAINEN, SUSANNA SIRONEN,
SAMPO SOIMAKALLIO JA MARKKU OLLIKAINEN

Suomen Ilmastopaneeli
Raportti 7/2019

Päästövähennyspolku kohti hiilineutraalia Suomea - hahmotelma

Jyri Seppälä¹, Hannu Savolainen¹, Susanna Sironen¹, Sampo Soimakallio¹, Markku Ollikainen²

¹ Suomen ympäristökeskus

² Helsingin yliopisto

Sisällys

1. Johdanto	3
2. Yleiset lähtökohdat	4
3. Energiateollisuus (1A1)	4
4. Teollisuuden ja rakentamisen energiaperäiset päästöt (1A2)	6
5. Kotimaan liikenne (1A3)	7
6. Muu polttoaineiden käyttö (1A4 ja 1A5)	10
7. Teollisuusprosessit ja F-kaasut (2)	10
8. Maatalous	11
9. Jätteiden käsittely	12
10. Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF)	13
11. Yhteenveto ja johtopäätökset hiilineutraaliuden tavoittelusta	14
Kirjallisuus	17

1. Johdanto

EU:n jäsenvaltioiden hallitusten ja valtionpäämiehet vahvistivat lokakuussa 2014 EU:lle koko talouden laajuisen sitovan päästövähennystavoitteen, jonka mukaan EU:n päästöjä on vähennettävä vuoteen 2030 mennessä ainakin 40 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Jotta päästöjen vähentäminen olisi kustannustehokasta, EU:n päästökauppajärjestelmään kuuluvien teollisuus- ja energia-alojen on vähennettävä päästöjä vuoteen 2030 mennessä 43 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Muiden talouden alojen, niin sanotun taakanjakosektorin, on vähennettävä päästöjä vuoteen 2030 mennessä vähintään 30 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Sekä päästökauppajärjestelmä että taakanjakosektori pyrkivät erityisesti fossiilisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Maankäytölle, maankäytön muutoksille ja metsätaloudelle (ns. LULUCF-sektori) asetetaan omat ilmastovelvoitteet vuonna 2018 vahvistetulla LULUCF-asetuksella (EU 2018a). Asetuksen lähtökohtana on pyrkiä varmistamaan, että myös LULUCF-sektorilla toteutetaan ilmastotoimia ja ettei LULUCF-sektorin kasvihuonekaasupäästöjen nettopoistumisissa tapahdu olennaista heikkenemistä koko EU:n tasolla vuoteen 2005 verrattuna.

Suomen ensimmäinen keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma (YM 2017) konkretisoi taakanjakosektorin päästövähennysten osalta hallituksen energia- ja ilmastostrategiaa (TEM 2016). Tämä ns. KAISU osoittaa eri sektoreille toimet, joiden avulla Suomelle asetetut taakanjakosektorin EU-tavoitteet ovat saavutettavissa vuonna 2030. Suomelta edellytetään 39 % päästövähennys vuoden 2005 päästötasosta eli taakanjakosektorin päästöjen tulisi olla Suomessa 20,6 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030.

Nykyinen EU:n vuoden 2030 päästövähennystavoite, joka vuonna 2018 energiatehokkuutta ja uusiutuvaa energiaa koskevien direktiivien hyväksymisien jälkeen on nyt noin 45 % vuoden 1990 tasosta. Pitkän aikavälin päästövähennystavoitteena Suomi on hyväksynyt (TEM 2014) EU:n linjauksen 80-95 %:n päästövähennyksestä vuoteen 2050 mennessä (EU 2009).

Nämä edellä mainitut EU:n linjaukset ovat nykyisen ilmastopolitiikan käytännön toimenpiteiden lähtökohtana, jotka eivät kuitenkaan riitä täyttämään EU:n Pariisin sopimuksen sitoumusta rajoittaa maailman lämpötilanousu 1,5 asteeseen. EU komissio (EU 2018b) on siksi tiedonannossaan 'EU:n strateginen pitkän aikavälin visio vauraasta, modernista, kilpailukykyisestä ja ilmastoneutraalista taloudesta' esittämässä EU:lle vaihtoehtoina olla ilmastoneutraali vuonna 2050. Tällöin siis EU:n ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen ja ihmisperäisten nielujen pitäisi olla yhtä suuret. On kuitenkin tulkinnanvaraista, kuinka suuri osa LULUCF-sektorin nettonielusta voidaan tulkita olevan ihmisperäistä (Fuglestvedt ym. 2018). EU komission visiossa koko LULUCF-sektorin nettonielu tulkitaan ihmisperäiseksi, mikä on ollut myös tämän selvityksen Suomen hiilineutraaliustavoitteen lähtökohtana.

Pariisin sopimuksessa tavoiteltu ihmisperäisten päästöjen ja ihmisperäisten nielujen tasapaino (ilmastoneutraalius) ei kuitenkaan riitä sopimukseen kirjatun selvästi alle kahden asteen tavoitteen saavuttamiseksi. Viimeistään vuosisadan jälkipuoliskolla nielujen tulisi olla päästöjä suuremmat, eli päästöjen tulisi olla nettonegatiiviset. YK:n ilmastosopimuksen oikeudenmukaisuusperiaatteen mukaan rikkaiden maiden tulee vähentää päästöjään enemmän ja nopeammin köyhiin maihin verrattuna. Näin ollen EU:n tulee olla ilmastoneutraali ja edelleen päästöiltään nettonegatiivinen nopeammin kuin maailma keskimäärin ja vastaavasti Suomen tulee olla nopeammin kuin EU-keskimäärin.

Tässä raportissa esitetään sektorikohtainen visio nettonollapäästötilanteen saavuttamiseksi Suomessa jo 2035. Päästöpolun määrittelyssä käytetään Tilastokeskuksen kasvihuonekaasupäästöinventaarion (NIR) luokittelua. Sektorien päästövähennysten arvioinnissa oletetaan, että päästövähennykset tapahtuvat Suomessa eikä toimenpiteitä jaotella päästökauppa- ja taakanjakosektorin kesken. LULUCF-sektori on käsitelty erikseen.

Tässä yhteydessä ei arvioida kuinka sosiaalisesti oikeudenmukaisella ja kustannustehokkaalla tavalla esitetty päästövähennyspolku toteutuu, eikä myöskään arvioida tarvittavia politiikkatoimia. Tarkoituksena on hahmotella Suomelle päästöpolku, joka konkretisoi tarvittavien päästövähennysten määrää ja aikataulua eri talouden sektoreilla, jotta Suomi toteuttaisi oman osuutensa Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi.

2. Yleiset lähtökohdat

Kunniahimoisen päästöpolun toteutumisen lähtökohtana on, että yhteiskunnalla on vahva tahtotila toimia 1,5 asteen tavoitteen edellyttämällä tavalla. Tämä edellyttää:

- tarvittavien muutosten hyvää ennakoitavuutta, jolloin päätökset tehdään ajoissa etukäteen ja johdonmukaisesti. Tällöin yhteiskunnalla on aikaa sopeutua muutokseen;
- edellytysten luomista ilmastomyönteiselle kulutukselle ja tuotannolle (erityisesti verotukselliset ratkaisut);
- julkisen sektorin toimimista esimerkkinä ja mahdollistajana; ja
- yhteistä päämäärää, jolla tehdään vähähiilisydestä Suomelle menestystekijä.

Suomi on osa EU:ta, joka on EU-komission visiossa ilmastoneutraali viimeistään vuonna 2050. EU:n aiemmin asettamana tavoitteena on vähentää päästöjä vähintään 80-95 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasosta. 80 %:n päästövähennyksen toteuttamiseksi EU:n päästökaupassa jaettavien oikeuksien määrä vähenee ja hinta kasvaa EU-komission arvion mukaisella tavalla (esim. EU 2016).

Päästövähennyspolun määrittämisessä oletetaan, että

- kivihiilen käytöstä luovutaan 2029 mennessä;
- turpeen energiakäytöstä luovutaan 2035 mennessä;
- fossiilisesta lämmitysöljystä on luovuttu energiasektorilla 2035 (pl. teollisuuden ja rakentamisen polttoperäiset päästöt);
- lämmityksessä ja teollisuuden energiakäytössä vähäpäästöinen sähkö uudessa roolissa fossiilisten polttoaineiden korvaamisessa;
- yhteiskunnan yleinen energiatehostuminen noin 20 % vuosina 2016-2035 digitalisaation ja kiertotalouden vauhdittamana.

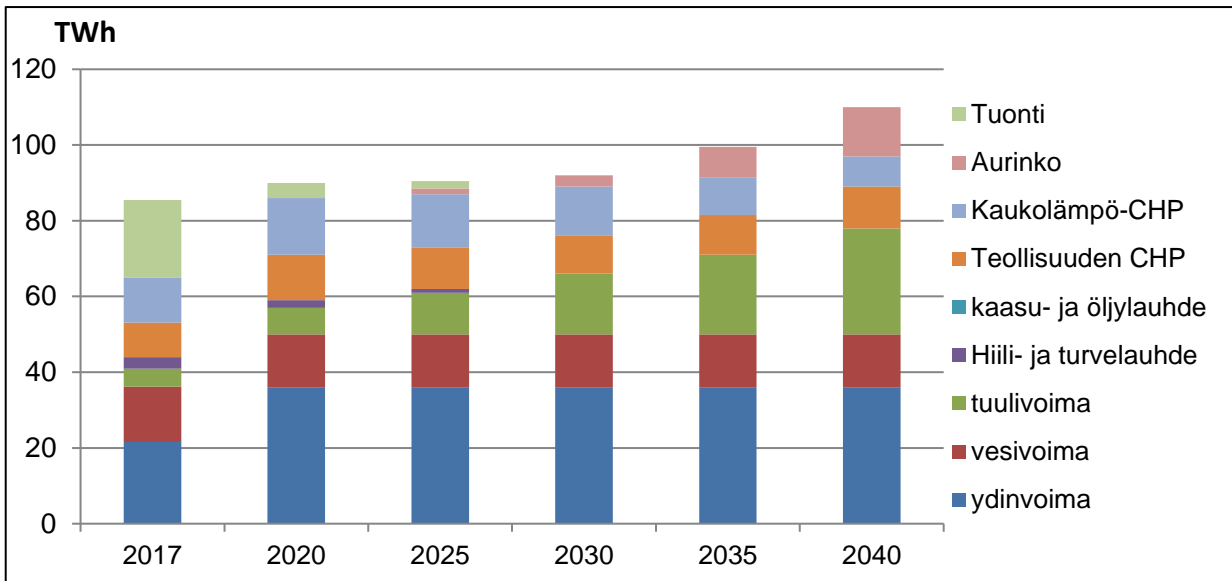
3. Energiateollisuus (1A1)

Sähkön ja kaukolämmön tuotannon päästöjen kehitys arvioitiin hyödyntämällä VTT:n Low Carbon Finland (2014) -skenaariotyötä (Lehtilä ym. 2014). Tarkastelun pohjaksi valittiin ns. Muutos-skenaario, jossa uusiutuvan energian käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa on suurinta kaikista tarkastelluista skenaarioista. Tässä tarkastelussa Muutos-skenaarion kehitystä kuitenkin nopeutettiin siten, että sen tuuli-, aurinko- ja vesivoiman sekä CHP-tuotannon tuotantomäärät vuonna 2050 asetettiin vuodelle 2040. Nykyisten ydinvoimaloiden ja Olkiluoto 3:n on oletettu olevan käytössä 2020-2040 (kuva 1). Älykkäät sähkö- ja kaukolämpöverkot sekä lämmön- ja sähkönvarastointi ovat laajasti käytössä vuodesta 2030 lähtien. Suomesta oletettiin tulevan sähkön nettotuonnin suhteen omavarainen vuoteen 2030 mennessä (kuva 1). Sähkön tuonti- ja vientimääriä ei kuitenkaan arvioitu erikseen.

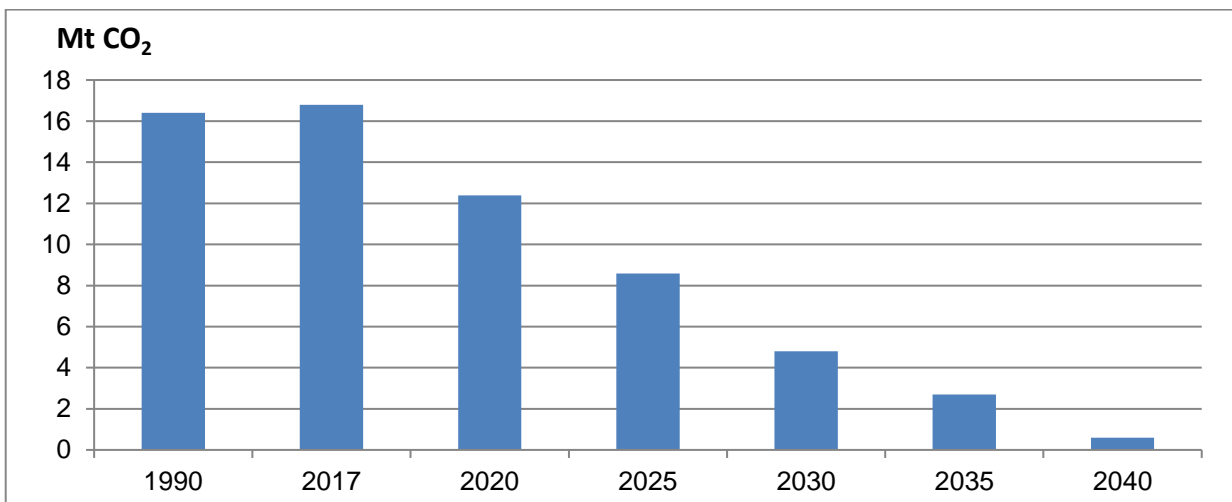
Polttoaineiden polttoon perustuva sähkön tuotanto alentuu noin 20 % vuoteen 2040 mennessä vuoden 2017 tasosta. Vastaavana ajanjaksona sähkön tuotanto bioenergiasta lisääntyy yli 60 % ja fossiilisista polttoaineista puolestaan vähenee noin 95 %. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon CO₂-päästöt vähentyvät 85 % vuoteen 2035 mennessä ja 95 % vuoteen 2040 mennessä vuoden 1990 tasosta, ollen vajaa 1 Mt CO₂ vuonna 2040 (kuva 2).

Taulukossa 1 on esitetty myös muiden energiateollisuuden osa-alueiden päästökehitys. Vuonna 2030 öljyn jalostuksen päästöt ovat käytännössä samaa tasoa kuin 2016. Öljyn jalostuksen päästöt alentuvat hieman biopolttoaineiden käytön lisääntymisen, autoilun sähköistymisen ja liikennejärjestelmän tehostumisen myötä 2030-luvulla. Samasta syystä kiinteiden polttoaineiden valmistuksen ja muun energiateollisuuden päästöjä saadaan hieman alaspäin.

Kokonaisuudessaan energiasektorin päästöt vähenevät päästöpolussa 77 % vuodesta 1990 vuoteen 2035. Sähkön ja lämmön tuotannossa päästövähennys on 84 % vuodesta 2016 vuoteen 2035.



Kuva 1. Sähkön hankinta 2017 ja arvioitu kehitys 2020-2040.



Kuva 2. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt (Mt CO₂) vuonna 1990, 2017 ja arvioitu kehitys 2020-2040.

Taulukko 1. Energiateollisuuden raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
1 Energiateollisuus	19	22,1	17,8	19,1	6,6	4,3	2,1
Julkinen sähkön- ja lämmöntuotanto				17,1	4,8	2,7	0,6
Öljyn jalostus				1,7	1,6	1,5	1,4
Kiinteiden polttoaineiden valmistus ja muu energiategollisuus				0,3	0,2	0,1	0,1

4. Teollisuuden ja rakentamisen energiaperäiset päästöt (1A2)

Teollisuuden ja rakentamisen polttoperäisten päästöjen kehityksen lähtökohtana on, että riippumatta taloudellisesta kehityksestä energiankulutus ei kasva. Tämän lisäksi oletetaan, että energiatehokkuus lisääntyy kaikilla toimialoilla 20 % vuoteen 2035 mennessä. Tämä vaikuttaa biomassan käyttöön omassa energiantuotannossa, koska energiatehokkuuden parantumista oletetaan myös metsäteollisuudessa.

Rauta- ja terästeollisuudessa sekä mineraalituotteiden valmistuksessa fossiilisia polttoaineita korvataan 20 % biomassapohjaisilla vaihtoehdoilla (hake, biokoksi, biokaasu) vuoteen 2035 mennessä. Muilla teollisuussektoreilla 30 % fossiilisista polttoaineista korvataan sähköllä (de Pee ym. 2018).

Turpeen teollisuuskäyttö vähenee 67 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2016 tasosta. Turpeen käytöstä luovutaan 2035 mennessä, ja se korvataan lähinnä biomassalla.

Toimenpiteiden jälkeen teollisuudessa jää edelleen 42,3 PJ fossiilisia polttoaineita (47 % vuoden 2016 käytöstä), minkä takia päästöt vain puoliutuvat vuoteen 2035 mennessä (taulukko 2).

Työkoneiden osalta toteutetaan keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (YM 2017) mukainen 20 % biopolttoaineen sekoitevelvoite vuoteen 2030 mennessä (-0,4 Mt CO₂-ekv. vuoden 2016 tasoon nähden). Sekoitevelvoite kasvaa 30 % vuoden 2030 jälkeen. Työkoneiden moottorin energiatehokkuuden odotetaan paranevan 15 % vuoteen 2030 mennessä. Edellä mainitut toimenpiteet yhdistettynä työkoneiden hybridisointiin, voimasiirron kehittämiseen, työkoneiden käyttötapojen ja operoinnin tehostamiseen ja automatisointiin sekä käyttövoiman sähköistymiseen merkitsevät työkoneiden päästöjen lähes puoliutumista vuoteen 2035 mennessä vuoden 2016 tasosta.

Yhteensä edellä kuvattujen toimenpiteiden päästövähennys vuodesta 2016 vuoteen 2035 on 50 %. Vuodesta 1990 vuoteen 2035 vähennys on 73 %.

Taulukko 2. Teollisuuden ja rakentamisen raportoidut polttoperäiset päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
2 Teollisuus ja rakentaminen (polttoperäiset p	13,7	11,6	6,9	7,2	4,1	3,6	3,1
Rauta- ja terästeollisuus				0,93	0,63	0,6	
Muu metalliteollisuus				0,1	0,06	0,06	
Kemian teollisuus				0,8	0,51	0,45	
Metsäteollisuus				2,77	1,16	1	
Elintarviketeollisuus				0,17	0,11	0,1	
Mineraalituotteiden valmistus				0,65	0,44	0,41	
Muut (työkoneet ja muut toimialat)				1,77	1,19	0,97	

5. Kotimaan liikenne (1A3)

Liikenteen päästövähennyspolussa lasketaan ensimmäiseksi ajoneuvokannan uusiutumisen, ajoneuvojen energiatehokkuuden sekä uusiutuvien ja/tai vähäpäästöisten polttoaineiden vaikutus liikenteen päästöihin. Tässä vaiheessa päästövähennyspolussa ei rajoiteta tieliikenteen liikennesuoritteiden kasvupainetta. Se kasvaa Liikenne ja viestintäministeriön (2018) esittämän kasvunennusteen mukaan: henkilöautojen liikennesuorite kasvaa 12 % vuoteen 2030 mennessä ja 16 % 2040 mennessä, pakettiautojen vastaavasti 6 % ja 11 %, linja-autojen 6 % ja 11 % sekä kuorma-autojen 6 % ja 17 %.

Ajoneuvokannan uusiutumisessa, jonka yhteydessä fossiiliset öljypohjaiset polttoaineet pyritään korvaamaan uusiutuvilla ja/tai vähäpäästöisillä polttoaineilla sekä vaihtoehtoisilla käyttövoimilla, on käytetty seuraavia oletuksia:

- uusien henkilöautojen myynti on 120 000 autoa vuodessa ja vanhojen autojen käyttöikä liikenteessä hieman nykytasoa lyhyempi. Lisäksi maahan tuodaan vuosittain 25 000 käytettyä henkilöautoa.
- täyssähköisiä henkilöautoja on vuonna 2030 noin 745 000 eli 27 % henkilöautokannasta, jonka jälkeen uusien täyssähköautojen lisäys on lähes 100 000 autoa vuodessa.
- kaasukäyttöisiä henkilöautoja on vuonna 2030 103 200 vuonna 2030 (biokomponentin osuus 50 %) ja 232 200 vuonna 2040 (biokomponentin osuus 90 %).
- ulkomailta tuodut käytetyt polttomoottorihenkilöautot korvautuvat hybrideillä, sähköautoilla tai kaasuautoilla vuoden 2025 jälkeen.
- täyssähköisiä pakettiautoja on vuonna 2030 68 000 eli noin 20 % pakettiautokannasta ja 185 000 vuonna 2040 eli 56 % pakettiautokannasta.
- täyssähköisiä linja-autoja on vuonna 2030 1 430 (11 % koko linja-autokannasta) ja vuonna 2040 4 016 (32 % linja-autokannasta). Kaasukäyttöisiä linja-autoja on liikenteessä vastaavasti 618 (5 %) ja 1324 (10 %).
- kaasukäyttöisiä kuorma-autoja on vuonna 2030 1 633 (2 % koko kuorma-autokannasta) ja vuonna 2040 3 499 (4 % kuorma-autokannasta). Täyssähköisiä perävaunuttomia kuorma-autoja on vastaavasti 807 (1 %) ja 3 687 (4 %).

Fossiilisten polttoaineiden bio-osuuden sekoitevelvoite kehittyi eduskunnan (Eduskunta 2019) tekemien linjausten mukaisesti eli biokomponentin osuus on vuodesta 2030 lähtien 30 %. Vuoden 2030 jälkeen biopolttoaineet suuntautuvat yhä enemmässä määrin raskaaseen liikenteeseen. Raskaassa liikenteessä fossiilinen diesel korvataan 2030 alkaen dieselseoksella, jonka biokomponentti on 40 % ja fossiilinen kaasu biokaasulla, jonka biokomponentti on 40 %. Synteettistä bensiiniä ja dieseliä, joita voidaan valmistaa vedystä ja ilman hiilidioksidista, ei ole otettu huomioon laskelmissa. Vuoden 2030 jälkeen sähköautot ovat käytännössä syrjäyttäneet polttomoottoriautot uusien henkilöautojen myynnissä.

Ajoneuvokannan uusiutumisen ja niiden energiatehokkuuden paranemiseen sekä käytettäviin polttoaineisiin vaikuttavia toimenpiteitä:

Uusien henkilöautojen energiatehokkuuden parantaminen	Uusien polttomoottorihenkilöautojen CO ₂ päästörajoite 95 g/km vuodesta 2020 eteenpäin ja 68 g/km vuodesta 2040 eteenpäin.
Uusien pakettiautojen energiatehokkuuden parantaminen	Uusien pakettiautojen CO ₂ päästörajoite 147 g/km (0,6 kWh/km) vuonna 2020. Päästörajoite nousee vuoteen 2030 mennessä 11 % ja 2040 mennessä 26 %.
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen	Henkilö- ja pakettiautoissa dieselseoksen bio-osuus 30 % ja biokaasussa vuodesta 2030 eteenpäin 50 % ja vuonna 2040 90 %. Linja-autoissa dieselseoksen ja biokaasun bio-osuus 40 %. Raskaassa liikenteessä dieselseoksen bio-osuus 11,5 % 2020 ja 40 % vuodesta 2030 eteenpäin.

Toisessa vaiheessa liikenteen päästövähennyspolussa lasketaan erilaisten tehostamiskeinojen mukaan lukien liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen sekä yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutuksia liikenteen päästöihin (esim. Liimatainen ym., 2015, Liimatainen ja Viri, 2017). Suurin osa näistä toimenpiteistä muuttaa liikenteen kulkutapaosuuksia sekä vähentää liikennesuoritteita, vaikka niiden kasvua ei ensimmäisessä vaiheessa rajoitettukaan. Esimerkiksi auto- ja ajoneuvoveron korvaaminen käytön mukaan määräytyvällä kilometriverolla vähentää henkilöautojen suoritetta noin 6 % nykyisestä (esim. Liimatainen ym., 2015).

Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen sekä yhdyskuntarakenteen muutoksen toimenpiteet ovat seuraavat:

Kuljetusten energiatehokkuus	Tyhjänä ajo vähenee 20 %:sta 18 %:iin ja edelleen 15 %:iin. Kuljetusten keskikuorman nosto 12,3 %:sta 14 %:iin ja edelleen 16 %:iin. Letka-ajo ja keskikulutuksen vähennys noin 10 % vuonna 2030 ja vuonna 2040 (2.5 kWh/km) 30 %.
Auto- ja ajoneuvoveron korvaaminen kilometriverolla	Auto- ja ajoneuvoveron korvaaminen kilometriverolla vähentää henkilöautosuoritetta 6 %.
Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen	Kaupunkiseuduilla kävelyn kulkutapaosuuksia kasvaa 22 %:sta 26 %:iin ja pyöräily 8 %:sta 16 %:iin, jolloin hiilidioksidipäästövähennys kaupunkiseutujen henkilöliikenteessä on 12 %.
Joukkoliikenneyhteyksien parantaminen ja joukkoliikenteen edistäminen	Linja-autojen ja raideliikenteen kulkutapaosuuksia kasvaa 14 % vuoteen 2040 mennessä pääkaupunkiseudulla. Muiden kuin pääkaupunkiseudun sisäinen linja-autoliikenne kasvaa 30 %.
Henkilöautojen käyttötavat, kimpapakyydit, yhteiskäyttöautot ja henkilöautojen täyttöasteen parantaminen	Henkilöautoja noin 0,4 miljoonaa vähemmän. Henkilöautokanta ei kasva perusennusteen mukaan eli noin 3.1 miljoonaan autoon vuoteen 2040 mennessä, vaan pysyy 2,7 miljoonassa koko tarkasteluajan.
Täydennysrakentaminen	Seutukuntien sisäisten matkojen pituus laskee 4 % vuoteen 2030 mennessä ja 12 % vuoteen 2040 mennessä.
Alueellinen omavaraisuus ja resurssitehokkuus	Seutukuntien väliset matkat vähenevät 25 % ja korvautuvat sisäisillä matkoilla.

Vesiliikenteen ja kotimaan lentoliikenteen keskeisin toimenpide on Bio-LNG:n käyttö. Lisäksi liikennevälineissä tapahtuu energiatehostumista. Huviveneily sähköistyy 2030 alkaen. Liikenne-suoritteissa ei tapahdu kasvua.

Kokonaisuudessaan kotimaan liikenteen päästöt vähenevät 61 % (7,88 Mt CO₂-ekv.) vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta. Päästövähennys vuoteen 2040 mennessä on 78 % (10,02 Mt CO₂-ekv.) (taulukko 3). Tieliikenteen päästövähennyksen osuudet liikenteen kokonaispäästövähennyksestä ovat sekä vuoteen 2030 että vuoteen 2040 mennessä noin 95 %. Henkilöautoliikenteen päästövähennyksen osuudet kokonaispäästövähennyksestä ovat vastaavasti 56 % ja 57 % ja kuorma-autoliikenteen 28 % ja 26 %.

Tieliikenteen kokonaispäästöt vähenevät 63 % (7,53 Mt) vuoteen 2030 mennessä ja 80 % (9,5 Mt CO₂-ekv) vuoteen 2040 mennessä vuoden 2005 tieliikenteen päästötasosta. Vastaavasti lentoliikenteen päästöt vähenevät 36 % (0,11 Mt CO₂-ekv.) ja 63 % (0,19 Mt CO₂-ekv.) ja vesiliikenteen 26 % (0,18 Mt CO₂-ekv.) ja 41% (0,28 Mt CO₂-ekv.) vuoden 2005 tasosta. Rautatieliikenne on täysin päästötöntä jo vuonna 2030.

Henkilöautoliikenteen päästövähennyksen osuudet tieliikenteen kokonaispäästövähennyksestä ovat 59 % vuoteen 2030 ja 60 % vuoteen 2040 mennessä. Kuorma-autoliikenteen osuudet ovat vastaavasti noin 29 % ja 28 %.

Henkilöautojen päästöt vähenevät 65 % (4,41 Mt CO₂-ekv.) vuoteen 2030 ja 84 % (5,71 Mt CO₂-ekv.) vuoteen 2040 mennessä vuoden 2005 henkilöautoliikenteen päästötasosta. Kuorma-autojen päästöt vähenevät vastaavasti 62 % (2,18 Mt CO₂-ekv.) ja 75 % (2,62 Mt CO₂-ekv.) kuorma-autoliikenteen 2005 päästötasosta. Paketti-autoliikenteen päästövähennykset ovat suhteellisesti lähes yhtä korkeita kuin henkilöautojen, mutta linja-autoliikenteen päästöt vähenevät heikommin. Tämä johtuu osaltaan joukkoliikenteen kasvusta.

Autokannan uudistumisella, fossiilisten öljypohjaisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuville ja/tai vähäpäästöisillä polttoaineilla, vaihtoehtoisilla käyttövoimilla sekä ajoneuvojen energiatehokkuuden parantamisella tieliikenteen kokonaispäästöt vähenevät 50 % vuoteen 2030 mennessä (5,94 Mt CO₂-ekv.) ja 70 % (8,37 Mt CO₂-ekv.) vuoteen 2040 mennessä vuoden 2005 tasosta, joten ne kattavat suurimman osan tieliikenteen kokonaispäästövähennyksestä. Henkilöautoliikenne kattaa 58 % ja 62 % näiden toimenpiteiden päästövähennyksistä ja kuorma-autoliikenne 27 % ja 25 %. Päästövähennyksien saavuttaminen vaatii henkilöautokannan nopeaa sähköistymistä vuoteen 2030 mennessä edellyttäen myös päästötöntä sähköntuotantoa tieliikenteen tarpeisiin.

Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen ja yhdyskuntarakenteen muutoksen toimenpiteiden vaikutukset päästöihin lasketaan toimenpide toimenpiteen päälle välttäen päällekkäistä laskentaa. Yhdessä nämä toimenpiteet vähentävät tieliikenteen päästöjä edelleen noin 1,68 Mt vuoteen 2030 mennessä ja 1,13 Mt vuoteen 2040 mennessä, jotka koostuvat enimmäkseen henkilöauto- ja kuorma-autoliikenteen päästöjen vähenemisestä. Henkilöautojen osuus tehostamistoimenpiteiden päästövähennyksistä on vuonna 2030 59 % ja 2040 47 % ja kuorma-autojen vastaavasti 35 % ja 48 %.

Yhteensä edellä kuvattujen toimenpiteiden päästövähennys liikenteessä vuodesta 2016 vuoteen 2035 on 68 %. Vuodesta 1990 vuoteen 2035 vähennys on 67 %.

Taulukko 3. Kotimaan liikenteen (1A3) raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
3 Kotimaan liikenne	12,10	12,93	11,11	12,61	5,04	3,97	2,90
Lentoliikenne	0,30	0,30	0,19	0,19	0,19	0,15	0,11
Tieliikenne	11,08	11,88	10,38	11,66	4,34	2,83	2,38
* Henkilöautot	6,84	6,76	5,98	6,31	2,34	1,70	1,06
* Pakettiautot	1,03	0,94	0,85	0,99	0,28	0,24	0,20
* Linja-autot	0,56	0,60	0,47	0,57	0,32	0,28	0,24
* Kuorma-autot	2,61	3,50	2,94	3,65	1,32	1,10	0,88
* Mopot+moottoripyörät+mönkijät	0,05	0,09	0,12	0,12	0,08	0,04	0,00
Rautatieliikenne	0,20	0,13	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
Vesiliikenne	0,68	0,68	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40
Muu liikenne	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

6. Muu polttoaineiden käyttö (1A4 ja 1A5)

Kaupan, palveluiden ja julkisen sektorin erillislämmityksessä luovutaan turpeen, kivihiilen ja lämmitysöljyn käytöstä vuoteen 2030 mennessä. Vastaavasti kotitaloudet ja maatilat luopuvat lämmitysöljyn käytöstä. Maatiloilla viljan kuivaamisen öljystä luovutaan 2030 mennessä. Lämmitys etenkin sähköistyy lämpöpumpputeknologian avulla, lisäksi tarvitaan jonkin verran lisää biopolttoainetta. Näillä sektoreilla yleisen energiatehostuminen oletetaan kehittyvän vuosina 2015-2040 noin 20 %.

Työkoneissa tapahtuu 20 % energiatehostuminen vuoteen 2040 mennessä. Työkoneiden biopolttoaineiden osuus on 10 % kevyessä polttoöljyssä vuoteen 2030, ja siitä lähtien 20 %.

Puolustusvoimien päästöt jäävät enimmäkseen nykytasolle vielä 2040. Taulukon 4 tietoja ei pysty erottelamaan sektoreittain 2030-2040, koska Tilastokeskus raportoi ko. polttoaineita käyttävien sektorien fossiilisten polttoaineiden käytön vain sektorien yhteisenä.

Yhteensä edellä kuvattujen toimenpiteiden päästövähennys vuodesta 2016 vuoteen 2035 on 62 %. Vuodesta 1990 vuoteen 2035 vähennys on 82 %.

Taulukko 4. Muiden polttoaineiden käytön raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
1A4 & 1A5 yhteensä	8,7	6,9	4,9	5,0	2,4	1,6	0,8
1A4 Muut sektorit							
Kauppa, palvelut ja julkinen sektori erillislämmitys, työkoneet	2,28	1,27	0,96	1,05			
Kotitaloudet erillislämmitys, työkoneet	3,39	2,52	1,46	1,50			
Maa-, metsä- ja kalatalous työkoneet, viljan kuivaus, erillislämmitys	1,90	1,64	1,39	1,37			
1A5 Muu erittelemätön polttoaineiden käyttö puolustusvoimat	1,14	1,45	1,09	1,12			

7. Teollisuusprosessit ja F-kaasut (2)

Prosessipäästöjä aiheuttavan teollisuuden volyymin on ajateltu kasvavan noin 3 % vuoteen 2035 mennessä, mikä lisää lähtökohtaisesti päästöjä. Voiteluaineiden oletetaan olevan 25 % biopohjaisia vuonna 2035.

Sementin tuotannossa oletetaan säilyvän nykyinen Portland-sementin valmistusprosessi. Siinä odotetaan kuitenkin tapahtuvan 11 % prosessitehostuminen vuoteen 2035 mennessä ja 20 % tehostuminen vuoteen 2050 mennessä. Päästöjä vähentävät myös klinkkeri/sementti-suhteen alentaminen ja kiertotaloustoimista seuraavat kysyntämuutokset (teräskuonajätteen käyttö betonissa sementin sijaan, betonin kierrätys ja betonielementtien uudelleenkäyttö) (International Energy Agency 2018, Material Economics 2018).

Rauta- ja terästuotannossa oletetaan säilyvän nykyiset prosessit. Niissä odotetaan kuitenkin tapahtuvan 11 % prosessitehostuminen vuoteen 2035 mennessä ja 20 % tehostuminen vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi päästöjä vähentävät kierrätysteräksen osuuden kasvu (sähköä käyttävä valokaariuuniteknikka) ja kiertotaloustoimien vaikutus kysyntään (kierrätysmarkkinat, puhtaus, tehokkaampi keräys jne) (Material Economics 2018).

Skenaariossa teollisuusprosessien (pl. F-kaasut) päästöt vähenevät vuodesta 2016 vajaa 30 % (taulukko 5). F-kaasujen päästöjen odotetaan kehittyvän keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman (YM 2017) mukaisesti: vuoteen 2030 mennessä saavutetaan 64 % päästövähennys vuoden 2016 tasoon nähden. Keinoina ovat

F-kaasujen kansainvälinen sääntely, korvaavien aineiden käyttö ja kehitys, julkiset hankinnat ja tuotevalvonta.

Yhteensä edellä teollisuusprosessien päästövähennys (pl. F-kaasut) vuodesta 2016 vuoteen 2035 on 28 %. Vuodesta 1990 vuoteen 2035 vähennys on 34 %. F-kaasujen osalta päästövähennys vuodesta 2016 vuoteen 2035 on 78 %.

Taulukko 5. Teollisuusprosessien (pl. F-kaasut) raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
2. Teollisuusprosessit ja tuotteiden käyttö (ilman 2	5,4	5,6	4,5	4,7	3,7	3,4	3,1
A Mineraaliteollisuus	1,21	1,17	0,96	1,08		0,81	
B Kemian teollisuus	1,86	1,85	1,17	1,27		1,31	
C Metalliteollisuus	1,98	2,4	2,14	2,19		1,15	
D Polttoaineiden ja liuottimien muu kuin ener,	0,22	0,1	0,1	0,11		0,09	
G Muiden tuotteiden valmistus ja käyttö	0,11	0,06	0,03	0,04		0,04	
H Muut teollisuusprosessien päästöt	0,01	0,02	0,03	0,04		0,01	

Taulukko 6. F-kaasujen raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
2F F-kaasut	0	1,08	1,41	1,39	0,5	0,3	0,2

8. Maatalous

Maatalouden päästöjen vähentäminen on teknisin toimin erittäin hankalaa niin Suomessa kuin muuallakin. Maatalouden päästöjä on myös mahdollisuus vähentää kuluttajien ruokatottumuksien kautta muuttamalla kysyntää ja sen perusteella saada muutoksia ruoan tuotantomuotoihin. Päästövähennyspolussa oletetaan kasvipainotteisemman ruokatottumuksen yleistymisen ja sen kautta tapahtuu myös vähennystä kotieläinmäärään.

Lehmien ja sikojen määrän oletettiin vähenevän 20 % vuoteen 2030 mennessä ja 30 % vuoteen 2040 mennessä vuoden 2016 tilanteeseen nähden. Lähtökohtana oli, että tietoisuus lihan välttämistä sekä terveys- että ilmastosyistä vaikuttaisi punaisen lihan kysyntään alentavasti vuoteen 2035 mennessä. Naudanliha ja maito ovat Suomessa vahvasti kytköksissä, ja lihaa vastaava määrä maitoa poistuisi myös kuluttajien kysynnästä.

Skenaariossa nautojen määrän vähentäminen vuoden 2016 tasosta 25 %:lla vuoteen 2035 merkitsi sitä, että eläinten ruoansulatuksesta syntyvät metaanipäästöt vähenivät 2,1 milj. t CO₂-ekv. määrästä 1,65 milj. t CO₂-ekv:iin. Lisäksi lannan käsittelyn päästöjä saatiin alaspäin 0,12 milj. t CO₂-ekv. kun nykyisin Suomessa lannan käsittelyn päästöt ovat 0,74 milj. t CO₂-ekv. Lannan käsittelyn päästövähennyksiä edesauttaa myös biokaasun tuotannon edistäminen, joka aiheuttaa myös ilmastohyötyjä liikennesektorilla. Loput maatalouden lisäpäästövähennykset (0,37 milj. CO₂-ekv/v) KAISU:un verrattuna liittyivät enimmäkseen lannoitetypen käytön vähentyneestä tarpeesta, sillä pienempi karjatalous Suomessa merkitsee myös pienempää peltopinta-alaa ruoan tuotantoon.

Suomen viljapeltojen alasta lähes 40 % kohdistuu nautojen rehun tuotantoon ja nurmialasta noin 90 % palvelee karjatalouttamme. Nauta- ja sikatalouden (-30 %) vähentyminen vapauttaa peltoalaa (n. 200 000 ha nurmea ja 340 000 ha viljapeltoa), mikä antaa paremmat edellytykset noin 200 000 ha eloperäisen peltomaan järjestelyihin (ks. seuraava kappale). On kuitenkin selvää, että merkittävä osa karjataloudelta vapautuvasta peltoalasta ei poistu tulevaisuudesta maatalouskäytöstä, mikä otettiin myös arvioissa huomioon.

Skenaariossa toteutetaan myös turvepeltojen diatyyppioksidipäästöjen vähentämiseksi kaksi kertaa vaikuttavammat päästövähennystoimet vuoteen 2040 mennessä kuin KAISU:ssa (YM 2017). Tämä on mahdollista, jos suopeltojen raivaus loppuu 2025, suopeltojen viljely muutetaan monivuotiseksi peltoa muokkaamatta, nostetaan niiden pohjaveden pintaa sekä metsitetään ja kosteikkometsitetään eloperäisiä maita.

Maatalous on päästövähennyskohteena haastava ja maatalouden päästöt vähenevät skenaariossa kokonaisuudessaan vain 28 % vuoteen 2035 mennessä vuoden 2016 tasosta (taulukko 7). Vuodesta 1990 muutos on 37 % ja vuodesta 2005 se on 28 %.

Taulukko 7. Maatalouden raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
3. Maatalous	7,5	6,5	6,5	6,5	5,4	4,7	4,1
A Kotieläinten ruoansulatus	2,42	2,06	2,12	2,1	1,9	1,65	1,4
B Lannankäsittely	0,65	0,73	0,75	0,75	0,5	0,45	0,4
D Maatalousmaat	3,80	3,38	3,44	3,41	2,71	2,41	2,11
F Kasvintähteiden poltto pellolla	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002
G Kalkitus	0,64	0,29	0,18	0,27	0,25	0,23	0,21
H Urean levitys	0,005	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,001

9. Jätteiden käsittely

Orgaanisen aineen kaatopaikkakiellon (2016) vaikutuksesta kaatopaikkojen metaanipäästöjen oletetaan vähenevän 2030-2040 samassa suhteessa kuin niiden on ennustettu vähenevän 2020-2030 KAISU:ssa (YM 2017). Jätevesihuollon päästöihin voidaan vaikuttaa vain hyvin rajoitetusti (taulukko 8).

Jätteiden käsittelyn päästövähennykset kokonaisuudessaan vuodesta 1990, 2005 ja 2016 vuoteen 2035 mennessä ovat 81 %, 68 % ja 57 %.

Taulukko 8. Jätteiden käsittelyn raportoidut päästöt 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) ja arvioidut päästöt 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
5. Jätteiden käsittely	4,7	2,8	2,1	2	1,2	0,9	0,6
A Jätteiden sijoittaminen kaatopaikoille	4,3	2,4	1,8	1,6	0,9	0,6	0,4
B Jätteiden biologinen käsittely	0,04	0,13	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1
D Jätevesien käsittely	0,3	0,25	0,25	0,25	0,24	0,22	0,2

10. Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF)

LULUCF-sektorin nettonielun lopputulos riippuu pitkälti päästöjen vähentämistoimien onnistumisesta ja metsämaan hiilinelun kehittymisestä, johon taas vaikuttaa lähivuosikymmeninä ratkaisevasti sekä puuston kasvun että kotimaisen puun hakkuumäärien kehitys. Tässä yhteydessä sovelletaan hakkuuskenaariota, jossa runkopuun kotimaan hakkuut ovat seuraavat:

- 2011-2014: 62,8 milj. m³ (toteutunut)
- 2015-2024: 77 milj. m³
- 2024-2034 82 milj. m³.

Tulevaisuuden hakkuutasoja on nostettu hieman Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050 –hankkeen (MALULU) loppuraportissa (Aakkula ym. 2019) esitetystä WEM-skenaariosta (With Existing Measures), koska toteutuneet hakkuut vuosina 2015-2018 ovat olleet jo selvästi suuremmat (keskimäärin 73 milj. m³ vuosina 2015-2018 ja 2018 jo 78 milj. m³) kuin MALULU-skenaarion hakkuukertymä vuosille 2015-2024 (71,5 milj. m³). Vuosina 2024-2034 MALULU:n runkopuun hakkuukertymä oli 80,2 milj. m³.

Metsämaan (sis. puuston ja maaperän) ja puutuotteiden nettonieluarvioiden 2030 laskennassa on hyödynnetty MALULU-hankkeen WEM-skenaarion laskelmia, joihin on tehty edellä esitettyjen hakkuutasojen erojen vaatimat karkeat muutoslaskelmat. MALULU-hanke tuotti metsien kehitykselle erilaisia skenaarioita, jotka perustuvat mallinnukseen ja optimointiin. Ne eivät siten sellaisenaan vastaa kasvihuonekaasuinventaarion vastaavia lukuja, jotka kuvaavat mitä metsissä on tehtyjen toimenpiteiden seurauksena tapahtunut. MALULU-hankkeen mallinnus näyttää tuottaneen suuremman arvion metsänielusta tietyllä puuston kasvulla ja hakkuukertymällä kuin mitä inventaario näyttäisi tuottavan. Absoluuttiset metsämaan nettonieluarviot ovat kuitenkin tämän työn lähtökohtana, koska kasvihuonekaasuinventaarion tuloksia tullaan käyttämään Suomen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisen arvioinnissa. Tämän takia MALULU-hankkeen tietojen perusteella lasketuista nieluarvioista (joissa oli tehty hakkuuerosta johtuva korjaus) vähennettiin vielä asiantuntija-arvioon perustuvilla tasokorjauksilla, jolla pyritään saamaan vuoden 2030 metsämaan nettonieluarvio suuruusluokaltaan vastaamaan kasvihuonekaasupäästöinventaarion laskentajärjestelmän tasoa. Lähitulevaisuudessa tietämystä tästä tasokorjauksesta tulee paranemaan, ja uuden tiedon myötä tämän selvityksen lopputulos päivitetään.

Vuonna 2030 metsämaan ja puutuotteiden nettonielu on arvioitu MALULU-laskelmien perusteella olevan noin 37 Mt CO₂ -ekv., josta puutuotteiden osuus on 6 Mt CO₂ -ekv. Asiantuntija-arvion mukainen korjattu metsämaan nettonielu on noin 24 Mt CO₂ -ekv., eli metsämaan ja puutuotteiden yhteinen nettonielu olisi 30 Mt CO₂ -ekv. vuonna 2030.

Vuoden 2030 jälkeisen tilanteen ennustaminen on hyvin vaikeaa. Vuosien 2030-2040 metsämaan ja puutuotteiden nettonielu määräytyy pitkälle toteutuneiden hakkuiden ja metsien kasvun kehityksen perusteella. Tässä on oletettu, että vuonna 2040 Suomi metsämaan ja puutuotteiden nettonielu on kasvanut tasolle 35 milj. t CO₂-ekv..

Skenaariossa maa- ja metsätalouden maankäytön muutosten arvio pohjautuu MISA-hankkeen Metsä+ -skenaarioon (Kärkkäinen ym. 2019). Siihen liittyen on tehty joitakin muutoksia, joiden päästöerot on arvioitu alkuperäiseen skenaarioon nähden. Tässä yhteydessä turvemaiden raivauskielto viljelyskäyttöön toteutuu vasta vuonna 2025 vuoden 2021 sijaan. Myöskään uutta turvetuotantoalaa ei raivata vuoden 2025 jälkeen. Vuodesta 2031 alkaen turpeen korjuu energiakäyttöön lopetetaan, ja kaikki vapautuva ala metsitetään. Vuodesta 2021 lähtien metsitetään ne ruohikkoalueet, jotka eivät välittömästi liity maatalouteen. Näitä ovat lähinnä hylätyt pellot, joista osa oli jo metsityksessä. Jos viljelysmaa vapautui muuhun käyttöön, se metsitettiin seuraavana vuonna.

Rakentamisen aiheuttaman metsäkadon oletetaan vähenevän selvästi metsäraivausveron seurauksena. Metsäraivausvero rakentamiselle oletetaan tulevan voimaan vuonna 2020.

Skenaariossa maankäyttö kehittyi MALULU-hankkeen LULUCF-LT1-skenaarion mukaisesti (Aakkula ym. 2019). Siinä metsämaan ala kasvaa 81 000 ha:iin vuoteen 2040 mennessä vuodesta 2016. Tämä on seurausta metsäkatoa ehkäisevistä toimista turvemaidella, sekä ruohikkoalueiden ja turvetuotantoalueiden metsityksestä. Tämän työn skenaariossa päästöjä vähennetään MALULU-hankkeen WEM-skenaarioon

nähdessä 3,4 Mt CO₂-ekv. vuoteen 2035 mennessä, päästön ollessa kokonaisuudessaan vielä 8,3 Mt CO₂-ekv. vuonna 2035.

Tässä työssä skenaarion lähtökohtana on, että muissa kuin metsämaan LULUCF-päästöjen vähennyksessä onnistutaan esitetyn skenaarion mukaisesti. Oletusten seurauksena LULUCF-nettonielun on arvioitu olevan -20 Mt CO₂-ekv. vuonna 2030. Tämän jälkeen metsämaan ja puutuotteiden nettonielun odotetaan kasvavan lineaarisesti kohti vuotta 2040, jolloin nettonielun odotetaan olevan vuonna 2035 noin -27 Mt CO₂-ekv. (taulukko 9).

Taulukko 9. LULUCF-sektorin raportoidut päästöt ja nielut 1990–2016 (Tilastokeskus 2019) sekä arvioidut päästöt ja nielut 2030, 2035 ja 2040.

Mt CO ₂ –ekv.	1990	2005	2015	2016	2030	2035	2040
4. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF)	-14,1	-24,5	-19,5	-17,7	-20,0	-24,2	-28,6
A Metsämaa	-20	-34,6	-28,3	-25,7	-24	-27	-30
B Viljelysmaa	5,61	7,5	7,03	7,17	6,7	5,7	4,6
C Ruohikkoalueet	0,86	0,8	0,68	0,67	0,2	0,1	0
D Kosteikot	1,5	2,2	2,2	2,3	1,8	1,3	0,7
E Rakennetut alueet	0,9	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1
G Puutuotteet	-2,95	-2,0	-2,7	-3,64	-6	-5,5	-5

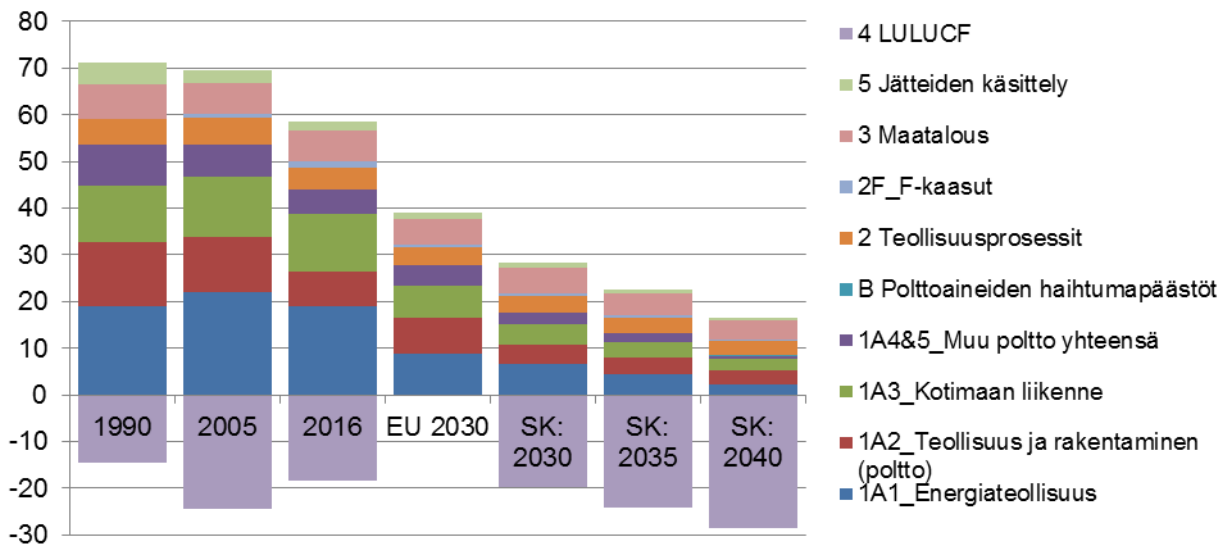
11. Yhteenveto ja johtopäätökset hiilineutraaliuden tavoittelusta

Skenaarion tuloksena päästöt (pl. LULUCF) vähenevät vuoteen 2035 mennessä 68 % ja 2040 mennessä 76 % vuoden 1990 päästötasoon nähden. Taakanjakosektorin päästövähennys on 61 % vuonna 2035 vuoden 2005 tasosta. Skenaarion perusteella vuonna 2035 LULUCF-sektorin nettonielu ylittää päästöt miljoonalla CO₂-ekvivalenttitonilla (taulukko 10, kuva 3).

Käyttämällä hiilineutraaliuden määritelmää, jossa Suomen ihmisperäisten kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlaskettu hiilidioksidiekvivalenttiluku 100 vuoden aikajänteellä laskettuna on yhtä suuri kuin LULUCF-sektorin nettonielun sekä talteen otetun ja varastoidun hiilidioksidin yhteismäärä, hiilineutraaliustavoite täyttyy vuonna 2035.

Taulukko 10. Yhteenveto päästövähennyspolun tuloksista (Mt CO₂-ekv.) 2030, 2035 ja 2040 sekä vuosien 1990, 2005 ja 2016 toteutuneet päästöt (+) ja nielut (-) (Tilastokeskus 2019); SK = tämän työn skenaariot.

Päästösektori	1990	2005	2016	SK: 2030	SK: 2035	SK: 2040
1A1_Energiateollisuus	19	22,1	19,1	6,6	4,3	2,1
1A2_Teollisuus ja rakentaminen (poltto)	13,7	11,6	7,2	4,1	3,6	3,1
1A3_Kotimaan liikenne	12,1	12,9	12,6	5	4,0	2,9
1A4&5_Muu poltto yhteensä	8,7	6,9	5	2,4	1,8	0,8
B Polttoaineiden haihtumapäästöt	0,12	0,14	0,14	0,1	0,05	0,05
2 Teollisuusprosessit	5,4	5,6	4,7	3,7	3,4	3,1
2F_F-kaasut	0	1,08	1,39	0,5	0,4	0,3
3 Maatalous	7,5	6,5	6,5	5,4	4,7	4,1
5 Jätteiden käsittely	4,7	2,8	2	1,2	0,9	0,6
4 LULUCF	-14,5	-24,4	-18,5	-20,0	-24,2	-28,6
Yhteensä (pl. LULUCF)	71,2	69,6	58,6	29,0	23,1	17,1
Yhteensä (ml. LULUCF)	56,7	45,2	40,1	9,0	-1,1	-11,6



Kuva 3. Suomen päästöjen (+) ja nielujen (-) (Mt CO₂-ekv.) historiallinen kehitys 1990, 2005 ja 2016 (Tilastokeskus 2019), arvio Suomen nykyisestä EU:n tavoitteesta 2030¹ (nielua ei ole arvioitu) sekä tämän työn skenaarioiden lopputulokset 2030, 2035 ja 2040.

Skenaario osoittaa, että hiilineutraaliuden saavuttamisen ratkaisee viime kädessä, kuinka päästöjen vähentämisessä ja metsien nielujen kasvattamisessa onnistutaan. Hiilineutraaliuden tavoittelussa lähtökohdiana tulisi olla kuitenkin aina riittävän kunniahimoinen päästövähennys ja vasta sen jälkeen saavutetaan nettonollapäästötilanne laskemalla LULUCF-nettonielu jäljellä olevien päästöjen kanssa yhteen (Suomen ilmastopaneeli 2019b).

Eri sektoreiden päästövähennysten toteutuminen saattaa tulevaisuudessa poiketa suuresti tässä esitetystä päästövähennyspolusta. Metsien hakkuiden vaikutuksesta lähitulevaisuuden metsämaan nieluarvioon, joka vastaa kasvihuonekaasuinventaarion tulosta, ei ole varmuutta. Liian intensiivinen metsien hyödyntäminen vaikeuttaa hiilineutraaliuden saavuttamista huomattavasti. Suomen ilmastopaneelin tekemä mallivertailuselvitys osoitti, että yhden miljoonan kuution lisähakkuu pienentää hiilinielua keskimäärin 1,5 Mt CO₂ seuraavan 40 vuoden aikana verrattuna tilanteeseen, jossa lisähakkuuta ei toteuta (Ilmastopaneeli 2019a).

Tässä päästövähennyskenaariossa ei ole otettu huomioon mahdollisia teollisuuden prosessipäästöjen ja polttoperäisten päästöjen (teräs, sementti, vety, kalkki) vähentämiseen liittyvä tulevaisuuden innovaatioita. Näillä innovaatioilla saatetaan leikata Suomen päästöjä merkittävästi jo 2030-luvulla. Esimerkiksi onnistuessaan SSAB:n teräksen ”hiiletön” valmistaminen (SSAB:n HYBRIT-kehityshanke, jossa vetypelkistys) vähentäisi päästöjä 1,2 Mt CO₂-ekv./v. Samoin sementtiteollisuuden uudet innovaatiot saattavat leikata päästöjä 0,3 Mt CO₂-ekv./v edestä.

Tarkastelussa ei ole otettu huomioon mahdollista synteettisen bensiinin ja dieselin valmistuksessa (ns. ”Power to x”) tapahtuvaa läpimurtoa. Tämä saattaa jouduttaa polttoperäisten päästöjen sektoreissa (1A1-1A5) fossiilisten polttoaineiden alasajoa merkittävästi. Erityisen suuri vaikutus synteettisillä polttoaineilla olisi

¹ Suomen EU:n tavoite 2030 koskee tarkasti vain taakanjakosektoria. Tässä yhteydessä Suomen päästökauppa- ja taakanjakosektorien päästöjen on oletettu laskevan yhteensä 45 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Nykyinen EU:n vuoden 2030 päästövähennystavoite on uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta koskevien direktiivien hyväksymisen jälkeen noin 45 % vuoden 1990 tasosta.

liikennesektorissa, jossa muun muassa sähköautojen määrän kasvun ei tarvitsisi edetä esitetyllä tavalla päästövähennystavoitteesta tinkimättä.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (CCS) käyttöönotto teollisuuden poltto- ja prosessipäästöjen vähentämisessä on huomattavan epävarmaa. Öljynjalostuksessa (sis. vedyn tuotannon) tämä vähennyspotentiaali on yli 2 Mt CO₂-ekv./v., mikäli tuotanto säilyy tulevaisuudessa nykyisen kaltaisena. Biopohjaisen hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (Bio-CCS) toteutus massa- ja paperiteollisuudessa pitää sisällään merkittävän päästövähennyspotentiaalin, jonka toteutuminen odottaa etenkin päästöoikeuden hinnan selvää kohoamista ja teknisin keinoin aikaansaatuisten poistumien (negatiivisten päästöjen) laskentasääntöjen kehittymistä. Pitkän aikavälin ilmastostrategian taustatyön skenaarioissa teknisin keinoin toteutetut poistumat olivat noin 0-5 Mt CO₂-ekv. vuonna 2040 (Koljonen ym. 2019).

Mikäli edellä mainittujen innovaatioiden ja Bio-CCS:n/CCS:n päästövähennykset lisätään skenaariossa esitettyihin päästövähennyksiin, toteutuu yli 80 prosentin päästövähennys vuoden 1990 tasosta jo selvästi ennen vuotta 2040. Tällöin Suomi olisi luonnontieteellisesti katsottuna jo selvästi negatiivinen nettopäästöiltään, päästöjä selvästi suuremman LULUCF-nettonielun ansiosta. Metsien hiilinielujen kehitykseen liittyy kuitenkin merkittävää epävarmuutta (Suomen ilmastopaneeli 2019a, Koljonen ym. 2019).

Tarkastelusta puuttuvat mahdolliset tulevaisuuden uudet päästövähennyskeinot saattavat antaa merkittäväällä tavalla liikkumavaraa eri sektoreiden päästöpoluille Suomen pyrkiessä hiilineutraaliksi vuonna 2035. Toisaalta uusia keinoja tarvitaan, kun Suomella on tarvetta edetä kohti hiilinegatiivista nettopäästötilannetta vuoden 2035 jälkeen.

Kirjallisuus

Aakkula, J., Asikainen, A., Kohl, J., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Ollila, P., Regina, K., Salminen, O., Sievänen, R., Tuomainen, T. 2019. Maatalous- ja LULUCF-sektorien päästö- ja nielukehitys vuoteen 2050. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 20/2019.

de Pee, A. ym. 2018. Decarbonization of industrial sectors: the next frontier. McKinsey & Company.

Ecofys 2017. Sectoral Greenhouse Gas Emission Reduction Potentials in 2030.

Eduskunta 2019. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä, biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä annetun lain muuttamisesta sekä biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 2 §:n muuttamisesta. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_29+2018.aspx

EU 2009. Council Conclusions on EU position for the Copenhagen Climate Conference. https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/envir/110634.pdf

EU 2016. Reference Scenario 2016, Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050

EU 2018a. Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj>.

EU 2018b. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. Brussels, 28.11.2018 COM(2018) 773 final. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_en.pdf

Falk, J. ym. 2018. Exponential Climate Action Roadmap. Future Earth. Sweden.

Fuglestvedt, J., Rogelj, J., Millar, R.J., Allen, M., Boucher, O., Cain, M., Forster, P.M., Kriegler, E. and Shindell, D., 2018. Implications of possible interpretations of 'greenhouse gas balance' in the Paris Agreement. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 376(2119), p.20160445.

Huppmann, D. et al.. 2018. A new scenario resource for integrated 1.5°C research. Nature Climate Change, 8 (12), 1027.

International Energy Agency 2018. Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry.

Koljonen, T. 2017a. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017.

Koljonen, T. ym. 2017b. Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman vaikutusarviot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 57/2017.

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

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

Lehtilä, A. 2014. Low-Carbon Finland 2050 -platform. Energiajärjestelmien kehityspolut kohti vähähiillistä yhteiskuntaa. VTT TECHNOLOGY 165.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2018. Hiiletön liikenne 2045 – polkuja päästöttömään tulevaisuuteen. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän väliraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 9/2018.

Liimatainen, H., Nykänen, L., Rantala, T., Rehunen, A., Ristimäki, M., Strandell, A., Seppälä, J., Kytö, M., Puroila, S., Ollikainen, M. 2015. Tarve, tottumukset, tekniikka ja talous – ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteet liikenteessä. Suomen Ilmastopaneelin selvityksiä 2/2015.

Liimatainen, H., Viri, R. 2017. Liikenteen päästötavoitteiden saavuttaminen 2030 – politiikkatoimenpiteiden tarkastelu. Suomen ilmastopaneeli, raportti 2/2017.

Luonnonvarakeskus 2019. Selvitys uudistuskypsiin metsien pinta-alatiedon päivittämisen vaikutuksesta Suomen metsien hiilinielulaskelmaan valmistui. <https://www.luke.fi/uutiset/selvitys-uudistuskypsiin-metsien-pinta-alatiedon-paivittamisen-vaikutuksesta-suomen-metsien-hiilinielulaskelmaan-valmistui/>

Material Economics 2018. The Circular Economy. A Powerful Force for Climate Mitigation.

Suomen ilmastopaneeli 2019a. Kalliokoski, T., Heinonen, T., Holder, J., Lehtonen, A., Mäkelä, A., Minunno, F., Packalen, T., Peltoniemi, M., Pukkala, T., Salminen, O., Schelnaas, M.-J., Vauhkonen, J., Kanninen, M., Seppälä, J., Ollikainen, M. Skenaarioanalyysi metsien kehitystä kuvaavien mallien ennusteiden yhtäläisyyksistä ja eroista. Suomen ilmastopaneeli 2/2019.

Suomen ilmastopaneeli 2019b. Seppälä, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasmaa, J., Regina, K., Ollikainen, M. Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – valtiot, alueet ja kunnat. Suomen ilmastopaneelin raportteja 5/2019.

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö) 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050 - Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö 16. päivänä lokakuuta 2014. Energia ja ilmasto 31/2014, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja.

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö) 2016. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017.

Tilastokeskus (Statistics Finland) 2019. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2017. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol Submission to the European Union, 15 March 2019. Statistics Finland, Helsinki.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030.

VTT 2017a. Suomen tieliikenteen päästöjen kehitys. (<http://lipasto.vtt.fi/liisa/aikasarja.htm>).

VTT 2017b. LIPASTO yksikköpäästöt. Tieliikenteen tavarankuljetukset. (http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm).

Ympäristöministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017.