

Tieliikenteen toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot

Kirjoittanut: tutkija Johanna Markkanen, VTT

VTT on tuottanut Traficomille uudet tieliikenteen khk-päästöskenaariot ELIISA-mallia käyttäen sekä skenaarioiden toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot vuosille 2022–2050. Tutkitut toimenpiteet vastaavat Fossiilittoman liikenteen tiekartan toimenpiteitä.

Skenaarioihin sisällytetyille toimenpiteille laskettiin niiden khk-päästöjä vähentävä (tai lisäävä) vaikutus, mikäli toimenpiteen vaikutuksesta ajoneuvokantaan, suoritteisiin tai polttoaineiden jakeluun oli riittävästi lähtötietoa. Niiden toimenpiteiden, joiden lähtötieto oli riittämätöntä tai vanhentunutta, khk-päästövähennysvaikutus laskettiin yhdessä toisen toimenpiteen kanssa, mikäli mahdollista tai sitä ei laskettu lainkaan. Lähtökohtaisesti toimenpiteen vaikutukseksi määriteltiin sen suora vaikutus ja ajankohta; toimenpiteet voivat aiheuttaa myös epäsuoria vaikutuksia, mutta niiden määrittely oli rajattu pois työn sisällöstä.

Lyhyt menetelmäkuvaus

Määrälliset vaikutusarviot tuotettiin VTT:n Python-pohjaisella ELIISA-mallilla. ELIISA-malli on tieliikenteen skenaariomalli, mikä tuottaa ajoneuvokannan, suoritteiden, kulutuksen ja khk-päästöjen kehityksen kuluva vuodesta vuoteen 2050. ELIISA-malli pohjautuu aiemmin vaikutusarvioissa käytettyyn ALIISA-malliin, mutta sisältää päivitettyä lähtödataa ja kehitettyjä laskentamenetelmiä.

Kunkin toimenpiteen vaikutus eli muutos mallin lähtödatassa määritettiin ensin taustaselvityksiä hyödyntäen. Muutos oli joko autokannan, ajosuoritteiden tai polttoaineiden kulutusten muutos. Tässä työssä ei tuotettu uusia erillisiä vaikutusarvioita, joissa esimerkiksi toimenpiteen vaikutusta ajoneuvokantaan tai käyttövoimien olisi arvioitu uudelleen.

Mallikoodia muokattiin siten, että yksittäisten toimenpiteiden vaikutusarviot voidaan laskea. Toimenpiteiden vaikutus on riippuvainen siitä, missä järjestyksessä ne toteutetaan (ts. toimenpiteillä on yhteisvaikutuksia: yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten summa on eri, kuin kaikkien toimenpiteiden yhdessä laskettu vaikutus).

Kukin toimenpide implementoitiin malliin yksi toisensa perään sattumanvaraisessa järjestyksessä siten, että kunkin toimenpiteen vaikutus mallin tuloksiin tallennettiin erikseen. WEM- ja WAM-skenaariota laskettiin kumpaakin 300 kertaa, joissa toimenpiteet oli toteutettu sattumanvaraisessa järjestyksessä (todellisuudessa järjestys oli näennäissatunnainen, sillä "arvonnan" suorittanut Python Random-moduulin shuffle-funktio noudattaa funktiossa ennaltamääritettyä kaavaa). Toimenpiteiden vaikutukseksi määritettiin 300 malliajon keskiarvo ja 95 %-luottamusväli laskettiin keskihajonnasta. Näin ollen toimenpiteiden keskiarvojen summa on aina sama riippumatta siitä, missä järjestyksessä ne lasketaan yhteen.

Toimenpiteen keskiarvoa suositellaan käytettävänä raportoitavana lukuna. 95 %-luottamusväli kertoo keskiarvon luotettavuudesta eli kuinka tarkka päästövähennysvaikutus on, kun huomioidaan yhteisvaikutukset. Vaikutuksen epävarmuus suositellaan huomioitavan, kun toimenpiteiden toteuttamisesta tehdään päätöksiä. Tuloksissa yhteisvaikutusten luomaa epävarmuutta on analysoitu lyhyesti toimenpidekohtaisesti, mutta laajempaa tutkimusta politiikkatoimenpiteiden yhteisvaikutusten syiden ja seurausten määrittämiseksi suositellaan.

Sisältö

WEM-skenaario (With Existing Measures) eli perusskenaario	3
Tutkitut toimenpiteet	3
Biokaasu ja sähköpolttoaineet jakeluvelvoitteeseen	4
Hankintatuki täyssähköisille henkilöautoille	5
Konversiotuki henkilöautoille	6
Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille pakettiautoille	6
Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille	7
Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen CO ₂ -raja-arvot ja AFIR	8
Etätyö	8
HCT-kuljetukset ja logistiikan digitalisaatio	9
Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat	10
Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma	10
Muut määrittämättömät muutokset	11
WEM-toimenpiteiden khk-päästövähennysten vaikutusarviot	12
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen	12
Ajoneuvokannan uudistaminen	13
Liikennejärjestelmän tehostaminen	15
WAM-skenaario (With Additional Measures) eli politiikkaskenaario	17
Tutkitut toimenpiteet	17
Ensirekisteröityjen kuorma-autojen CO ₂ -raja-arvot	17
MaaS-palveluiden täysi potentiaali	18
100 % uusiutuvaa polttoainetta @2045	18
Romutuspalkkiokampanja	19
Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelma, joukkoliikenteen ja liikkumisen ohjauksen tukien korotus	20
Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman täysi potentiaali	21
EU-liikenteen päästökauppa	21
Muut määrittelemättömät muutokset	22
WAM-toimenpiteiden khk-päästövähennysten vaikutusarviot	23
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen	23
Ajoneuvokannan uudistaminen	24
Liikennejärjestelmän tehostaminen	25
Yhteenveto WEM2022- ja WAM2022-tuloksista	27

WEM-skenaario (With Existing Measures) eli perusskenaario

Perusskenaario eli WEM-skenaario kuvaa tieliikenteen khk-päästöjen todennäköistä kehitystä tämän hetken parhaan tiedon mukaan. WEM-skenaarioon sisällytettiin kaikki ne KAISU-toimenpiteet, joista on elokuuhun 2022 mennessä päätös, rahoitusta vaativista toimenpiteistä rahoituspäätös, tai jonka toteutuminen on muuten todennäköistä. Lisäksi skenaarioon sisältyy oletuksia etätyön, HCT-kuljetusten ja digitalisaation vaikutuksista; nämä on tutkittu omina toimenpiteinään, vaikka ne eivät ole varsinaisia toimenpiteitä.

Skenaarion lähtökohtana käytettiin 20.9.2021 päivättyä WEM-skenaariota, mikä oli laskettu VTT:n ALIISA 2021-mallilla. Uuteen WEM-skenaarioon siirtyi lukuisia toimenpiteitä aiemmasta WAM-skenaariosta. Aiemmassa WEM-skenaariossa arvioitujen toimenpiteiden vaikutuksia ei arvioitu uudelleen tässä työssä, vaan ne sisältyivät jo lähtötilanteeseen.

Mallimuutoksesta johtuen ALIISA:n excel-pohjaista mallia ei voitu käyttää sellaisenaan lähtökohtana, vaan täytyi tuottaa aiempaa WEM-skenaariota vastaava skenaario ELIISA-mallilla. Ennen uuden nolla- eli referenssiskenaarion tuottamista ELIISA-mallilla lähtötietoihin tehtiin seuraavat muutokset:

- Koronapandemian aiheuttama joukkoliikenteen kysynnän hiipuminen näkyi linja-autoliikenteen ajosuoritteiden merkittävänä laskuna Tilastokeskuksen julkaisemissa vuoden 2021 liikennesuoritteissa. Muutos oli niin poikkeava verrattuna aiempaan WEM-uraan, että oletettiin linja-autojen vuosisuoritteiden pysyvän matalammalla tasolla pidempään kasvaen kuitenkin kohti vuotta 2030 ja ollen vuodesta 2030 taas aiemmin arvioidulla WEM-uralla.
- Ajoneuvokannan tietojen päivitys. Mallin tuottama aikasarja alkaa kuluvasta vuodesta (2022), jolloin lähtötietona käytetään vuoden 2021 ajoneuvokantaa. Aiemman WEM-skenaarion lähtötietona oli vuoden 2020 ajoneuvokanta.
- Ajoneuvokannan kuluttaman polttoaineen täsmäys myyntiin. Ajoneuvojen kulutuksia säädettiin siten, että vuoden 2021 ajoneuvokanta kuluttaa polttoaineita vuoden 2021 polttoainemyyntien määrän.

Tutkitut toimenpiteet

1. Biopolttoaineiden jakelunelvoite 34 % @2030 + HE-luonnoksen¹ mukaiset muutokset velvoitteeseen 2023–2030
2. Biokaasu ja sähköpolttoaineet jakelunelvoitteeseen
3. Hankintatuki täyssähköisille henkilöautoille
4. Konversiotuki henkilöautoille
5. Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille pakettiautoille
6. Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille
7. Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen CO₂-raja-arvot
8. Etätyö
9. HCT-kuljetukset ja logistiikan digitalisaatio
10. Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat

¹ Luonnos hallituksen esitykseksi uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain 4 ja 5 §:n muuttamisesta ja 5 b §:n väliaikaisesta muuttamisesta

11. Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma
12. Muut määrittämättömät muutokset (autoverot, lataus- ja jakeluinfra, markkinaehtoiset muutokset ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen käyttövoimissa) = WEM2022

Biopolttoaineiden jakelovelvoite 34 % @2030 + HE-luonnoksen mukaiset muutokset velvoitteeseen 2023–2030

wem1	
toimenpide	Biopolttoaineiden jakelovelvoite 34 % @2030 + HE-luonnoksen mukaiset muutokset velvoitteeseen 2023–2030
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Biopolttoaineiden uudet jakelovelvoiteprosentit vuosille 2022–2030: 12 %, 13,5 %, 28 %, 29 %, 29 %, 30 %, 31 %, 32 %, 34 %. 2030 jälkeen pysyy 34 %:ssa. Biopolttoaineiden osuus kulutuksesta kasvaa (biokaasu, biodiesel, sähköpolttoaineet), vastaavasti fossiilisten polttoaineiden osuus kulutuksesta pienenee (maakaasu, diesel, bensiini).
oletukset	Biopolttoaineita jaellaan lain velvoittaman määrän verran, mutta ei yhtään enempää. Huviveneiden kuluttama diesel ja bensiini sekä työkoneiden kuluttama bensiini huomioidaan velvoitteen täyttymisessä. Bensiinin bio-osuuden oletetaan pysyvän 9.8 vol-%:ssa ja biokaasun 55.8 massa-%:ssa (vuoden 2021 tilastoitu bio-osuus liikennekaasulle). Jakelovelvoitteen täyttäminen toteutetaan lisäämällä biodieseliä dieselseokseen.
taustatiedot	Luonnos hallituksen esitykseksi uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain 4 ja 5 §:n muuttamisesta ja 5 b §:n väliaikaisesta muuttamisesta Tilastokeskus (2022). Energian hankinta ja kulutus, Liikenteen energiankulutus

Biokaasu ja sähköpolttoaineet jakeluelvoitteeseen

wem2	
toimenpide	Biokaasu ja sähköpolttoaineet sisällytetään jakeluelvoitteeseen lain (446/2007) mukaisesti.
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Liikennekaasun bio-osuus kasvaa 5 %-yksikköä vuodessa, kunnes osuus saavuttaa 99 %:n tason. Biokaasu korvaa biodieseliä jakeluelvoitteen täyttämässä: biokaasun kulutus kasvaa, ja vastaava energiamäärä vähenee biodieselin kulutuksesta.
oletukset	Biokaasun kulutuksen oletetaan kasvavan sen tikettiaron vuoksi (Sipilä et al. 2020). Sähköpolttoaineet eivät ole omana kategorianaan ELIISA-mallissa, mutta niiden katsotaan olevan osa polttoaineiden biokomponenttia. Sähköpolttoaineiden vaikutus muiden biopolttoaineiden määriin oletetaan tällä hetkellä nollassa.

	Oletus bio-osuuden 5 %-yksikön kasvusta on arbitraarinen valinta, sillä tarkempaa taustatutkimusta aiheesta ei ole.
taustatiedot	Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä. Sipilä, E., Kiuru, H., Nylund, N. O., & Sipilä, K. Jakeluvaihteen laajentaminen, 2020.

Hankintatuki täyssähköisille henkilöautoille

wem3	
toimenpide	Hankintatuki täyssähköisille henkilöautoille
vaikutusaika	2022–2023
vaikutus	Ensirekisteröityjen täyssähköisten henkilöautojen määrä kasvaa 5250 autolla kunakin tukivuonna. Ensirekisteröintien kokonaismäärä ei muutu eli täyssähkö korvaa polttomoottorikäyttöisten henkilöautojen ensirekisteröintejä.
oletukset	<p>Täyssähköautoja hankitaan, vaikka hankintatukea ei olisi, mutta oletetaan hankintatuen lisäävän hankintoja täysimääräisesti tuella saatavien ajoneuvojen määrän verran. Hankintatukea myönnetty 11,5 M€/vuosi 2022–2023, mutta tukeen sisältyy myös konversiotuki. Oletetaan konversiotuen pysyvän aiemmalla tasolla eli 1 M€/v.</p> <p>Täyssähköautojen hankintatukeen jää 10,5 M€/vuosi. Tukisumma on 2000 €/auto. Siitä, millaisia ajoneuvoja uudet täyssähköautot korvaavat, ei ole kattavaa taustatutkimusta. Oletettiin asiantuntija-arviona, että hankintatuella täyssähköauton hankkivat olisivat ilman hankintatukea hankkineet muilla käyttövoimilla toimivia ajoneuvoja seuraavasti: 59 % bensiini, 19 % diesel, 1 % kaasu, 21 % lataushybridi (%:ia tuella hankittavista ajoneuvoista).</p> <p>On mahdollista, että hankintatukea käytetään myös vaihdettaessa käytetystä täyssähköautosta uuteen täyssähköautoon, mutta tätä vaihtoehtoa ei otettu huomioon laskennassa. Näillä oletuksin laskettu vaikutus on lähellä suurinta mahdollista khk-päästövähennysvaikutusta.</p>
taustatiedot	<p>Traficom (2022). Hae sähköauton hankintatukea 1.1.2022 alkaen. https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-sahkoauton-hankintatukea-112022-alkaen</p> <p>Myönnetyn tuen määrä: Liikenne- ja viestintäministeriö</p>

Konversiotuki henkilöautoille

wem4	
toimenpide	Konversiotuki (muuntotuki) henkilöautoille bensiinikäyttöisten henkilöauton muuntamiseksi käyttämään korkeaseosetanolia tai liikennekaasua polttoaineena.
vaikutusaika	2022–2023
vaikutus	Korkeaseosetanolia ja kaasua käyttävien henkilöautojen määrä kasvaa (3391 kpl/v ja 332 kpl/v, tässä järjestyksessä) ja vastaava määrä saman ikäisiä bensiinikäyttöisiä henkilöautoja poistuu ajoneuvokannasta.
oletukset	<p>Oletetaan, että konversioon käytetään tukea yhtä paljon kuin aiemminkin eli noin 1 M€/v. Autoja ei todennäköisesti konvertoida ilman tukea sen kustannuksen vuoksi. Tuki käytetään täysimääräisesti ja sillä konvertoidaan samassa suhteessa autoja etanoli- ja kaasukäyttöisiksi kuin vuosina 2018–2021 tilastojen mukaan on konvertoitu.</p> <p>Kun etanolikonversioon myönnettävä tuki on 200 €/auto ja kaasukonversioon 1000 €/auto, niin keskimäärin etanolikonversioihin on vuosittain käytetty 68 % konversiotuesta. Vaikka ajoneuvoilla voi ajaa konversion jälkeen yhä bensiinillä, oletetaan niillä ajettavan jatkossa vain 10 % (etanoli) ja 25 % (kaasu) suoritteesta bensiinillä.</p> <p>Konversioita oletetaan tehtävän vuosimallien 2000–2009 ajoneuvoihin konversioiden kokonaismäärän jakautuen tasaisesti näille vuosimalleille. Tätä uudemmille vuosimalleille ei oleteta tehtävän konversioita, sillä konversio voi vaikuttaa auton takuuehtoihin ja konversion hyväksyminen vaatii erillisselvityksen päästövaatimusten täyttymisestä.</p>
taustatiedot	<p>Traficom (2022). Henkilöautojen muuntotuen ja hankintatuen tilasto 6.6.2022</p> <p>Traficom (2022). Hae muuntotukea 1.1.2022 alkaen. https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-muuntotukea-112022-alkaen</p> <p>Myönnetyn tuen määrä: Liikenne- ja viestintäministeriö</p>

Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille pakettiautoille

wem5	
toimenpide	Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille pakettiautoille
vaikutusaika	2022–2023
vaikutus	Ensirekisteröityjen täyssähköisten pakettiautojen määrä kasvaa 562 autolla ja kaasukäyttöisten 375 autolla kunakin tukivuonna. Ensirekisteröintien kokonaismäärä ei muutu eli täyssähkö- ja kaasu korvaa dieselkäyttöisten pakettiautojen ensirekisteröintejä.
oletukset	Hankintatuen oletetaan lisäävän sähkö- ja kaasukäyttöisten pakettiautojen hankintoja täysimääräisesti tuella saatavien ajoneuvojen määrän verran. Hankintatukea myönnetty 3 M€/vuosi 2022–2023. Tuen määrä on 2000 €/kaasauto ja 2000–6000 €/sähköauto.

	Tilastotietoa tuella hankituista ajoneuvoista ei vielä ole, sillä hankintatuki on ensikertaa saatavilla 2022. Kaasuautojen yleistymisen kehitysnäkymät heikentyvät kiristyvien CO2-raja-arvojen vuoksi, joten oletetaan, että 25 % tuesta käytetään kaasukäyttöisten ja loput sähkökäyttöisten pakettiautojen hankintaan. Sähkökäyttöisen tukimääräksi oletetaan keskimäärin 4000 €/auto.
taustatiedot	Traficom (2022). Hae hankintatukea sähkö- ja kaasukäyttöiselle pakettiautolle. https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-ja-kaasukayttoiselle-pakettiautolle Myönnetyn tuen määrä: Liikenne- ja viestintäministeriö

Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille

wem6	
toimenpide	Hankintatuki sähkö- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille
vaikutusaika	2022–2023
vaikutus	Ensirekisteröityjen täyssähköisten kuorma-autojen määrä kasvaa 83 autolla (100 % perävaunuttomia kuorma-autoja) ja kaasukäyttöisten 250 autolla (80 % perävaunuttomia, 20 % perävaunullisia vetoautoja) kunakin tukivuonna. Ensirekisteröintien kokonaismäärä ei muutu eli täyssähkö- ja kaasu korvaa dieselkäyttöisten kuorma-autojen ensirekisteröintejä.
oletukset	Hankintatuen oletetaan lisäävän sähkö- ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintoja täysimääräisesti tuella saatavien ajoneuvojen määrän verran. Hankintatukea myönnetty 3 M€/vuosi 2022–2023. Tuen määrä kuorma-auton massasta riippuen on 2000–14000 €/kaasuauto ja 6000–50000 €/sähköauto. Tilastotietoa tuella hankituista ajoneuvoista ei vielä ole, sillä hankintatuki on ensikertaa saatavilla 2022. Oletetaan arbitraarisesti, että tukea myönnetään yhtäläinen määrä kaasu- ja sähkökäyttöisten hankintaan ja että kuorma-autot olisivat > 16 t kokoluokkaa. Tällöin laskennassa käytetyt tukisummat ovat 6000 €/kaasuauto ja 18000 €/sähköauto.
taustatiedot	Traficom (2022). Hae hankintatukea sähkö- ja kaasukäyttöiselle kuorma-autolle. https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-ja-kaasukayttoiselle-kuorma-autolle Myönnetyn tuen määrä: Liikenne- ja viestintäministeriö

Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen CO₂-raja-arvot ja AFIR

wem7	
toimenpide	Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen EU FitFor55:n mukaiset CO ₂ -raja-arvot. Ensirekisteröitävien henkilöautojen valmistajan ilmoittama CO ₂ -päästö tulee olla -55 % vähemmän vuonna 2030 ja -100 % vähemmän vuonna 2035 kuin vuonna 2021. Vastaavat vähennykset ovat -50 % ja -100 % pakettiautoille. Lisäksi sähköautojen latausasemien ja vedyn tankkausasemien infran rakentamiseen velvoittava EU FitFor55:n mukainen AFIR-direktiivi.
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Ensirekisteröityjen nollapäästöisten ² sähkö- ja vetykäyttöisten henkilö- ja pakettiautojen määrä kasvaa vuoteen 2035 asti, jonka jälkeen polttomoottoriajoneuvoja ei myydä uutena enää. Ensirekisteröintien kokonaismäärä ei muutu eli täyssähkö- ja vety korvaa polttomoottorikäyttöisten henkilö- ja pakettiautojen ensirekisteröintejä.
oletukset	Oletetaan, että uusien CO ₂ -raja-arvojen välitön vaikutus alkaa jo vuodesta 2022 ja että säädöksen voimaantulo kiihdyttää sähkö- ja vetyautojen mallituotantoa, kilpailua sekä muuttaa kuluttajien ostopäätöksiä. Oletetaan, että AFIR-direktiivi toteutuessaan tukee uusien sähkö- ja vetyautojen hankintoja.
taustatiedot	Lähtötieto toimenpiteiden toteutumisesta: Liikenne- ja viestintäministeriö

Etätyö

wem8	
toimenpide	Etätyö. Työnteon tapa muuttuu pysyvästi koronapandemian jälkeen tietyille yhteiskunnan ryhmälle, minkä on mahdollista tehdä etätyötä.
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -830 813 957 km/v ja vuoteen 2045 mennessä -1 307 045 737 km/v verrattuna tilanteeseen ilman etätyön lisääntymistä. Henkilöautosuoritteen vähenemä vuosina 2022–2030 ja 2030–2045 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän, kasvaa lineaarisesti vuoteen 2045 ja siitä eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	Oletetaan henkilöautosuoritteen vähenevän Metsäranta et al. (2021) SK2-skenaarion mukaisesti kodin ja työpaikan välisten matkojen vähentyessä. SK2-skenaario kuvaa todennäköisintä polkua tulevaisuudessa etätyön kehitykselle. Suoritteen vähenemiseen oletetaan lineaarinen muutos raportoitujen

² Nollapäästöinen ajoneuvo = ei suoria pakokaasupäästöjä ilmaan

	ajankohtien välille, sillä taustatietona ei ole saatavilla ajankohtien välistä kehitystä.
taustatiedot	Metsäranta et al. 2021: Etätyön vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin

HCT-kuljetukset ja logistiikan digitalisaatio

wem9	
toimenpide	HCT-kuljetukset ja logistiikan digitalisaatio. HCT-ajoneuvoyhdistelmät hyväksyttiin tieliikennekäyttöön ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen (1257/1992) muutoksella 10.1.2019, joka tuli voimaan 21.1.2019. Yhdistelmän suurin sallittu pituus kasvoi 34,5 metriin.
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Kuorma-autojen ajosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -83 348 916 km/v. Suoritevähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille kuorma-autoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	<p>Oletetaan, että ajosuorite vähenee, kun sama massa voidaan kuljettaa vähemmällä automäärällä. Suoritevähenemän oletetaan muuttuvan lineaarisesti välillä 2022–2030 ja pysyvän vakiona 2030 jälkeen, sillä HCT-kuljetusten mahdollistaminen vaatii tieinvestointeja (risteysalueiden laajennukset suurille yhdistelmille sopiviksi) ja infra ei oletettavasti vielä mahdollista HCT-kuljetusten täyttä potentiaalia.</p> <p>Oletetaan, että digitalisaatio toimii osaltaan HCT-kuljetusten täyden potentiaalin mahdollistajana lisäten toiminnan tehokkuutta, kuljetusten sujuvuutta ja optimointia. Taustaselvityksessä todetaan digitalisaation vaikutuksen päästöihin olevan pieni lyhyellä aikavälillä, mutta vaikutuksen kasvavan pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna. Suomen todetaan kuitenkin olevan pieni maa ja kuljetusten volyymi ei välttämättä riitä digitalisaation käyttöönottoon kustannustehokkaasti.</p> <p>HCT-kuljetusten ja digitalisaation arvioidaan tukevan toisiaan ja vaikutusten osalta olevan mahdollisesti päällekkäisiä, minkä vuoksi niiden khk-päästövähennysvaikutus on arvioitu yhdessä. Suoritevähenemä on laskettu VTT:n ALIISA-mallin 13.9.2021 WEM-skenaariolla siten, että Fossiilittoman liikenteen tiekartassa mainittu 0,06 Mt CO₂:n päästövähennemä kuorma-autoille vuonna 2030 toteutuu.</p>
taustatiedot	Jääskeläinen, S. (2021). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. Traficom (2020). Ajoneuvoyhdistelmien tekniset vaatimukset. Traficom (2020). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio logistiikan digitalisaation päästövaikutukset Liikenne- ja viestintäministeriö (2021). 2020 10 05 HCT-kuljetukset Vaikutusarviopohja – final. VTT ALIISA-mallin versio WEM 13.9.2021

Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat

wem10	
toimenpide	Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat. Sisältää joukon erinäisiä kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä edistäviä toimenpiteitä.
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -175 597 826 km/v. Henkilöautosuoritteiden vähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	Oletetaan henkilöautosuoritteiden vähenevän Traficomien taustaselvityksen mukaisesti. Selvityksessä arvioitu maksimivähenemä vuodelle 2030 on 1 170 652 174 km/v kaikkien suunnitelmien toteutuessa täysimääräisesti. Traficomien ja Väylä-viraston 1.7.2022 tehdyn arvion mukaan noin 15 % hankkeista olisi toteutumassa; oletetaan em. mukaisesti, että suoritteiden vähenemä on lineaarinen suhteessa toteutuvien hankkeiden määrään eli 15 % maksimivähenemästä toteutuu WEM-skenaariossa.
taustatiedot	Traficom (2022). Asiantuntija-arvio kaupunkiseutujen lj-toimien toteuman asteesta. Traficom (2020). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmätoimet.

Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma

wem11	
toimenpide	Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -108 208 839 km/v. Henkilöautosuoritteiden vähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	Oletetaan henkilöautosuoritteiden vähenevän Traficomien 30.6.2022 tekemän asiantuntija-arvion mukaan: vuosina 2020–2022 avustusta saaneiden hankkeiden myötä henkilöautoilusta pyöräilyyn siirtyy matkoja enimmillään 108 208 839 km:n edestä.
taustatiedot	Traficom (2022). Taustamuistio: Arvio kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman päästövähennysten toteutumisesta. Traficom (2020). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmätoimet.

Muut määrittämättömät muutokset

wem12	
toimenpide	Muut määrittämättömät muutokset. Autoverojen muutokset, lataus- ja jakeluinfratuet, markkinaehtoiset muutokset ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen käyttövoimissa. Luetaan kuuluvaksi autokantaa uudistaviin toimenpiteisiin, sillä vaikutus koskee lähinnä autokannan käyttövoimia.
vaikutusaika	2022–2050
vaikutus	Täyssähköisten linja-autojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuutta suurennettu alkaen vuodesta 2022. Vetyhenkilöautojen maahantuontien käyttövoimaosuutta suurennettu vähän alkaen vuodesta 2030. Vetyajoneuvojen kulutusta pienennetty.
oletukset	Julkisen ja yksityisen jakeluinfran tuet sekä autoveromuutokset ovat reunaehto liikenteen sähköistymiselle ja muiden toimenpiteiden päästövähennysten toteutumiselle. Arvioita em. toimenpiteiden päästövähennyksistä on, mutta niiden taustatiedot ovat riittämättömiä tai vanhentuneita. Ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimien osuuskien kehitys tarkistettiin muiden toimenpiteiden toteuttamisen jälkeen, ja tarvittaessa kehitysuraa on tasoitettu. Ainoa merkittävä poikkeama oli täyssähköisten linja-autot, joiden osuus ensirekisteröinneistä kasvoi räjähdysmäisesti 2020–2021. Osuudet oletetaan kasvavan yhä vuoden 2021 tasosta. Vetykäyttöisten ajoneuvojen kulutusta korjattiin lähemmäs todennäköistä kulutusta. Vetyhenkilöautojen maahantuontea lisättiin: oletetaan pieni, mutta kasvava määrä käytettynä maahantuotuja vuodesta 2030 alkaen.
taustatiedot	VTT (2020). Liikenteen KHK-päästöjen vähentämistoimet/yksittäisten toimien vaikutusten arviointi VTT-CR-01155-20. Tilastokeskus (2022). Moottoriajoneuvojen ensirekisteröinnit, ajoneuvojen ensirekisteröinnit

WEM-toimenpiteiden khk-päästövähennysten vaikutusarviot

Toimenpiteen khk-vaikutus esitetään taulukoissa luokiteltuna kolmeen pääkategoriaan: Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen, ajoneuvokannan uudistaminen ja liikennejärjestelmän tehostaminen. Raportointiin suositellaan käytettävän joko yksittäisen toimenpiteen tai kategorian keskimääräistä khk-päästövähennysvaikutusta. Lisäksi esitetään kategorian yhteenlasketun vaikutuksen 95 % luottamusväli, johon toimenpiteen todellinen vaikutus sijoittuu 95 % todennäköisyydellä, kun huomioidaan kaikkien WEM-skenaarioiden toimenpiteiden yhteisvaikutukset.

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

Taulukko 1. Fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen tähtävien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

Vuosi	1 Biojaku	2 Biokaasu	Keskimäärin yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	852 989	31 886	884 875	875 472	894 278
2023	848 343	40 814	889 157	873 239	905 075
2024	-617 320	39 698	-577 622	-589 955	-565 290
2025	-555 342	44 423	-510 919	-523 343	-498 495
2026	-381 201	49 341	-331 860	-343 172	-320 548
2027	-319 550	53 854	-265 696	-276 824	-254 569
2028	-260 735	58 352	-202 383	-213 170	-191 597
2029	-204 032	62 865	-141 168	-151 385	-130 950
2030	-398 597	66 806	-331 791	-349 656	-313 926
2031	-388 261	71 334	-316 927	-337 231	-296 622
2032	-376 794	76 994	-299 799	-323 373	-276 226
2033	-364 776	82 872	-281 904	-309 537	-254 270
2034	-352 183	89 006	-263 177	-295 663	-230 692
2035	-339 588	95 570	-244 017	-282 141	-205 894
2036	-326 391	101 511	-224 880	-268 355	-181 406
2037	-313 822	108 497	-205 324	-253 928	-156 721
2038	-302 218	115 907	-186 311	-239 752	-132 870
2039	-291 048	123 547	-167 501	-225 430	-109 573
2040	-280 402	131 440	-148 962	-210 963	-86 962
2041	-269 833	138 307	-131 526	-196 764	-66 288
2042	-260 404	146 704	-113 700	-181 799	-45 600
2043	-251 596	155 296	-96 301	-166 753	-25 848
2044	-243 456	164 148	-79 308	-151 699	-6 918
2045	-235 946	173 018	-62 928	-136 869	11 012
2046	-228 842	180 224	-48 617	-123 679	26 444
2047	-222 320	189 318	-33 001	-108 954	42 951
2048	-215 931	198 249	-17 682	-94 231	58 867
2049	-209 914	207 311	-2 603	-79 437	74 231
2050	-203 977	216 411	12 434	-64 422	89 290

Biopolttoaineiden jakeluvaihteen muutoksilla on merkittävin khk-päästövähennysvaikutus 2020-luvulla ja vaikutus pienenee 2030-luvulta eteenpäin sähköautojen lisääntyessä eli polttoaineiden absoluuttisen kulutuksen vähentyessä. Khk-päästöt lisääntyvät vuosina 2022–2023 vaihteen tilapäisen madaltamisen vuoksi, mutta laskevat vuodesta 2023 eteenpäin vaihteen **beyond the obvious**

korotusten vuoksi. Päästövähennysvaikutuksen vuosien välinen vaihtelu on suurta. Vuosien välisen vaihtelun aiheuttaa jakeluelvoiteprosentin vuosittaisen korotuksen vaihtelu (kuinka monta prosenttiyksikköä jakeluelvoitetta korotettiin verrattuna nollaskenaarioon).

Biokaasun ja sähköpolttoaineiden sisällyttäminen jakeluelvoitteeseen ilman veloitteen korottamista saa aikaan khk-päästöjen lisäyksen. Khk-päästölisyys kasvaa vuosittain, kun WEM-skenaariossa liikennekaasun käyttö kasvaa kaasukäyttöisten kuorma-autojen yleistyessä.

Kun nollaskenaariossa biokaasun käytön päästövähennemä laskettiin jakeluelvoitteen ulkopuolella, tässä skenaariossa biokaasu korvaa biodieseliä jakeluelvoitteen bio-osuuden täyttämiseksi. Päästölisyys syntyy kahdesta seikasta: siitä, kun biokaasun käytön ”ylimääräinen” päästövähennys poistuu jakeluelvoitteen myötä ja siitä, kun biokaasu korvaa biodieseliä eli jakeluelvoitteen täyttämiseksi vaadittavan, pumppudieseliin sekoitettavan biodieselin tarve vähenee ja näin ollen dieselin CO₂-päästökerroin kasvaa ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen khk-päästöt kasvavat. Wem2-biokaasu-skenaariossa ei ole korotettu jakeluelvoitetta, vaan korotus on arvioitu erikseen wem1-biojakelu-skenaariossa.

Toimenpiteiden yhteenlaskettu päästövähennysvaikutus on merkittävä etenkin vuoteen 2040 asti kun huomioidaan yhteisvaikutusten luoma epävarmuus tuloksissa. Vuodesta 2045 lähtien epävarmuus on kasvanut niin suureksi, että muutos khk-päästöissä voi olla nolla tai jopa positiivinen. Tuloksia voidaan tulkita siten, että näiden kahden toimenpiteen päästövähennysvaikutukset kumoavat toisensa 2045 jälkeen.

Ajoneuvokannan uudistaminen

Taulukko 2. Ajoneuvokantaa uudistavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

vuosi	3 HA-BEV tuki	4 HA-konve rsio	5 PA tuki	6 KA tuki	7 HA-PA CO ₂ -rajat	12 Muut	keskimäärin yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	-7 446	3 067	-900	-3 282	0	-30 754	-39 315	-42 719	-35 912
2023	-13 669	5 838	-2 540	-8 843	-6 356	-67 258	-92 828	-102 466	-83 189
2024	-14 537	4 803	-3 240	-9 586	-20 560	-86 228	-129 348	-141 599	-117 098
2025	-16 553	4 342	-3 586	-8 520	-40 947	-101 300	-166 565	-181 629	-151 502
2026	-18 080	3 835	-3 823	-7 560	-66 629	-117 477	-209 734	-227 862	-191 605
2027	-19 004	3 336	-3 906	-6 660	-96 065	-131 905	-254 204	-274 581	-233 827
2028	-19 505	2 888	-3 868	-5 901	-129 759	-146 296	-302 440	-324 165	-280 716
2029	-19 531	2 512	-3 722	-5 121	-167 528	-160 145	-353 535	-375 670	-331 400
2030	-19 114	2 187	-3 510	-4 570	-209 518	-174 612	-409 137	-432 197	-386 076
2031	-18 929	1 800	-3 323	-4 165	-264 171	-191 604	-480 392	-504 889	-455 895
2032	-18 530	1 486	-3 118	-3 732	-330 812	-205 789	-560 495	-587 356	-533 634
2033	-17 969	1 226	-2 894	-3 339	-409 519	-214 292	-646 786	-677 182	-616 390
2034	-17 285	1 019	-2 656	-2 924	-500 529	-219 687	-742 063	-777 293	-706 832
2035	-16 478	849	-2 411	-2 464	-603 862	-222 089	-846 456	-887 836	-805 075
2036	-15 456	696	-2 164	-1 978	-700 820	-223 463	-943 185	-990 797	-895 573
2037	-14 378	568	-1 922	-1 583	-792 337	-225 135	-1 034 786	-1 088 627	-980 946
2038	-13 259	459	-1 690	-1 307	-877 826	-226 088	-1 119 710	-1 179 628	-1 059 792
2039	-12 117	371	-1 472	-1 039	-956 564	-226 560	-1 197 380	-1 263 104	-1 131 656
2040	-10 960	295	-1 268	-851	-1 027 431	-225 970	-1 266 186	-1 337 328	-1 195 044
2041	-9 767	228	-1 082	-703	-1 083 692	-225 166	-1 320 182	-1 395 929	-1 244 434
2042	-8 636	179	-918	-580	-1 132 280	-224 791	-1 367 026	-1 446 905	-1 287 146

2043	-7 556	135	-771	-483	-1 171 304	-224 052	-1 404 030	-1 487 440	-1 320 621
2044	-6 554	100	-639	-410	-1 202 333	-222 895	-1 432 731	-1 519 128	-1 346 335
2045	-5 633	72	-526	-308	-1 225 926	-221 856	-1 454 176	-1 543 026	-1 365 326
2046	-4 803	54	-427	-211	-1 242 596	-221 182	-1 469 166	-1 559 449	-1 378 883
2047	-4 061	37	-343	-96	-1 253 266	-220 719	-1 478 448	-1 569 668	-1 387 228
2048	-3 402	24	-272	-100	-1 257 900	-220 386	-1 482 036	-1 573 698	-1 390 373
2049	-2 821	12	-212	-46	-1 255 913	-220 578	-1 479 558	-1 571 143	-1 387 973
2050	-2 320	9	-164	-54	-1 248 047	-220 841	-1 471 417	-1 562 447	-1 380 387

Täyssähköisten henkilöautojen hankintatuen vaikutus on kaikista hankintatuista merkittävin. Vaikutus nousee huippuunsa 2030 (-19 kt CO₂ekv), jonka jälkeen laskee tasaisesti. **Pakettiautojen hankintatuen** vaikutus on tasaisen pieni ollen keskimäärin -3.5 kt CO₂ekv vuonna 2030. Henkilö- ja pakettiautojen hankintatukien päästövähennysvaikutuksen epävarmuus³ on melko suurta, kun huomioidaan kaikkien toimenpiteiden yhteisvaikutukset. Suuri epävarmuus kertoo siitä, että toimenpiteen todellinen vaikutus voi olla myös lähellä nollaa tai vaihtoehtoisesti paljon suurempi kuin taulukossa ilmoitettu keskimääräinen arvo.

Kuorma-autojen hankintatuen päästövähennysvaikutus saavuttaa huippunsa jo 2024 ja laskee lähelle pakettiautojen hankintatuen tasoa vuoteen 2030 (-4.5 kt CO₂ekv). Päästövähennysvaikutusta pienentää kaasukäyttöisten kuorma-autojen lisääntyminen, joiden metaanipäästöt ovat dieselkäyttöisiä suurempia. Kuorma-autojen hankintatuen keskimääräisen vaikutuksen epävarmuus on myös suurta; yhteisvaikutusten vuoksi toimenpiteen todellinen vaikutus voi olla koko tutkitun aikasarjan osalta myös positiivinen eli khk-päästöjä lisäävä.

Henkilöautojen konversio- eli muuntotuen vaikutus on positiivinen eli khk-päästöjä lisäävä. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus konversiotuen khk-vaikutukseen on pientä, eli tulkitaan päästöjä lisäävän vaikutuksen olevan todennäköistä. Vaikka toimenpiteessä muutettiin vain bensiinihenkilöautoja etanoli- ja kaasukäyttöiseksi, se vaikuttaa koko liikennejärjestelmän päästöihin jakeluvälvoitteen kautta. Henkilöautojen khk-päästöt keskimäärin vähenevät konversioiden myötä, mutta muiden dieselkäyttöisten ajoneuvojen khk-päästöt taas kasvavat. Syynä on sama korvausvaikutus kuin biokaasun lisäämisellä jakeluvälvoitteen: kasvanut korkeaseosetanolin ja liikennekaasun kysyntä lisää biopolttoaineiden absoluuttista kulutusta, jolloin pumppudieseliin välvoitteen täyttämiseksi tarvitsee lisätä vähemmän biodieseliä. Näin ollen dieselin CO₂-kerroin kasvaa ja dieselajoneuvojen khk-päästöt kasvavat.

Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen uudet, tiukemmat valmistajien CO₂-raja-arvot ja AFIR-direktiivin myötä rakennettava lataus- ja tankkausinfra saavat aikaan WEM-skenaarion suurimman khk-päästövähennyksen. Päästövähennysvaikutus kasvaa ajassa eteenpäin, kun ajoneuvokannan nollapäästöisten ajoneuvojen osuus kasvaa etenkin 2035 jälkeen. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus toimenpiteen khk-päästövähennysvaikutukseen on pieni.

Ajoneuvokannan uudistamisen toimenpiteet luovat ns. hidasta muutosta tieliikenteen khk-päästökemitykseen: muutos akkumuloituu vuosien varrella ajoneuvokannan uudistuessa nollapäästöisemmäksi. Kun yhä suurempi osa tieliikenteen energiankulutuksesta on sähköä ja vetyä, pienenee fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen tähtävien toimenpiteiden khk-

³ Yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten 95 % luottamusväli on esitetty erillisessä excel-tiedostossa WEM2022_PAMS_VTT_20220808.xlsx

päästövaikutus. Toimenpiteet ovat toisiaan tukevia – biopolttoaineiden jakelu luo täsmällisiä khk-päästövähennyksiä seuraavien 10–20 vuoden aikana, jona aikana ajoneuvokanta uudistuu ja biopolttoaineiden jakeluvaihtoehto jää khk-päästöjä vähentävänä toimenpiteenä taka-alalle.

Liikennejärjestelmän tehostaminen

Taulukko 3. Liikennejärjestelmää tehostavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

Vuosi	8 Etätyö	9 HCT	10 Kaup LJ	11 Käpy	Keskimäärin		
					yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	0	-8 844	0	2	-8 843	-9 648	-8 037
2023	-11 912	-17 294	-2 515	-1 552	-33 273	-35 229	-31 318
2024	-20 887	-23 320	-4 421	-2 712	-51 341	-53 696	-48 985
2025	-29 864	-30 356	-6 320	-3 879	-70 420	-73 435	-67 405
2026	-38 131	-37 232	-8 066	-4 956	-88 384	-91 206	-85 562
2027	-45 236	-43 467	-9 566	-5 879	-104 148	-107 302	-100 994
2028	-51 411	-49 255	-10 868	-6 681	-118 215	-121 741	-114 689
2029	-56 658	-54 587	-11 973	-7 361	-130 580	-134 628	-126 531
2030	-61 234	-59 670	-12 943	-7 945	-141 792	-148 918	-134 666
2031	-60 849	-58 733	-12 384	-7 599	-139 565	-147 528	-131 602
2032	-60 215	-57 781	-11 815	-7 247	-137 058	-146 124	-127 993
2033	-59 335	-56 866	-11 237	-6 890	-134 326	-144 787	-123 866
2034	-58 205	-55 991	-10 650	-6 526	-131 373	-143 535	-119 210
2035	-56 829	-55 153	-10 057	-6 158	-128 197	-142 379	-114 015
2036	-55 366	-54 365	-9 485	-5 803	-125 019	-141 270	-108 769
2037	-53 860	-53 612	-8 941	-5 465	-121 878	-140 216	-103 540
2038	-52 327	-52 905	-8 424	-5 144	-118 800	-139 212	-98 389
2039	-50 784	-52 242	-7 935	-4 841	-115 802	-138 244	-93 361
2040	-49 242	-51 624	-7 474	-4 555	-112 896	-137 295	-88 497
2041	-47 717	-51 057	-7 040	-4 286	-110 101	-136 356	-83 846
2042	-46 215	-50 530	-6 633	-4 034	-107 412	-135 404	-79 421
2043	-44 744	-50 044	-6 251	-3 798	-104 837	-134 425	-75 250
2044	-43 308	-49 597	-5 894	-3 577	-102 376	-133 400	-71 352
2045	-41 903	-49 184	-5 558	-3 370	-100 015	-132 306	-67 723
2046	-39 574	-48 810	-5 244	-3 177	-96 805	-129 416	-64 193
2047	-37 389	-48 458	-4 949	-2 995	-93 791	-126 530	-61 051
2048	-35 336	-48 123	-4 674	-2 825	-90 958	-123 638	-58 278
2049	-33 404	-47 808	-4 414	-2 666	-88 293	-120 738	-55 847
2050	-31 581	-47 506	-4 170	-2 517	-85 775	-117 823	-53 726

Etätyöllä on merkittävä khk-päästöjä vähentävä vaikutus, mikäli ajosuoritteet vähenevät todella taustatiedon arvion mukaisesti. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus etätyön khk-päästövähennysvaikutukseen on pieni aikasarjan alussa, mutta suurenee tasaisesti vuosittain. Arvioitu khk-päästövähennysvaikutus on siis todennäköisesti oikeaa suuruusluokkaa. Tuloksia hyödyntäessä on hyvä muistaa taustatiedon epävarmuus, mitä ei ole huomioitu numeerisesti tässä työssä. Etätyö voi suoritevähenemän sijaan vaikuttaa vapaa-ajan matkustamiseen, jolloin suoritevähenemä voi pienentyä tai kumoutua kokonaan. Etätyön vaikutuksista ajosuoritteisiin tarvitaan lisää pidemmän aikavälin tutkimustietoa.

HCT-kuljetusten ja logistiikan digitalisaation khk-päästövähennysvaikutus on samaa suuruusluokkaa etätyön kanssa. Vaikutus pienenee ajan kuluessa ajoneuvokannan uudistuessa nollapäästöisemmäksi. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus khk-päästövähennysvaikutukseen on tasaisen pieni koko aikasarjan ajan. HCT-kuljetusten ja digitalisaation khk-päästövähennysvaikutukseen sisältyy etätyön tapaan taustatietoihin liittyviä epävarmuuksia, joita ei tässä työssä ole numeerisesti määritely.

Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmat ja kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma tähtäävät molemmat henkilöautosuoritteiden vähentämiseen. Niiden arvioitu khk-päästövähennysvaikutus on kuitenkin merkittävästi pienempi kuin etätyön. Khk-päästövähennysvaikutus on suurinta 2030-luvun molemmin puolin ja pienenee ajoneuvokannan muuttuessa vähäpäästöisemmäksi.

Liikennejärjestelmää tehostavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutus on pieni verrattuna muihin toimenpidekategorioihin. Vaikutuksen suuruus, tai tässä tapauksessa pienuus, voi johtua myös siitä, että WEM-skenaarioon sisällytettiin toteutuvien hankkeiden laskettu henkilöautojen suoritevähenemä, toteutuvia hankkeita on vähän verrattuna suunniteltujen hankkeiden määrään, ja mahdollisesti myös siitä, että tämän tyyppisten henkilöautosuoritteiden vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden vaikutusarviot ovat lähtökohtaisestikin epävarmoja ja eri menetelmin laskettuja.

WAM-skenaario (With Additional Measures) eli politiikkaskenaario

Politiikkaskenaario eli WAM-skenaario on tavoiteskenaario khk-päästöjen kehitykselle. WAM-skenaarioon sisällytettiin ne toimenpiteet, joille ei ollut myönnetty rahoitusta elokuuhun 2022 mennessä tai niiden toteutuminen oli muista syistä johtuen epävarmaa.

Skenaarion lähtökohtana käytettiin nyt luotua uutta WEM-skenaariota sekä osin aiemmin tuotettua WAM NON-FOSSIL-skenaariota. Uuden WAM-skenaarion toimenpiteinä arvioidaan ne aiemman WAM-skenaarion toimenpiteistä, joita ei siirretty toteutuvina WEM-skenaarioon.

Tutkitut toimenpiteet

1. Ensirekisteröityjen kuorma-autojen CO₂-raja-arvot
2. MaaS-palveluiden täysi potentiaali
3. 100 % uusiutuvaa polttoainetta @2045
4. Romutuspalkkiokampanja
5. Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelma, joukkoliikenteen ja liikkumisen ohjauksen tukien korotus
6. Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman täysi potentiaali
7. EU Liikenteen päästökauppa
8. Muut määrittelemättömät muutokset

Ensirekisteröityjen kuorma-autojen CO₂-raja-arvot

wam1	
toimenpide	Ensirekisteröityjen kuorma-autojen tiukentuvat CO ₂ -raja-arvot.
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	Ensirekisteröityjen nollapäästöisten sähkö- ja vetykäyttöisten kuorma-autojen osuus kaikista ensirekisteröinneistä kasvaa vuoteen 2030 asti siten, että kaikkien kuorma-autojen ensirekisteröintien keskimääräinen CO ₂ -arvo on -30 % vähemmän kuin Suomessa keskimäärin vuonna 2021. Vuoden 2030 jälkeen tilanne pysyy vakiona. Ensirekisteröintien kokonaismäärä ei muutu eli täyssähkö- ja vety korvaa polttomoottorikäyttöisten kuorma-autojen ensirekisteröintejä.
oletukset	Kuorma-autojen CO ₂ -raja-arvoa koskeva EU-direktiivi on valmistelussa. Raja-arvot tiukkenevat nykyisesti -30 %:sta, mutta uutta tiukempaa raja-arvoa ei ole vielä tiedossa. Direktiivin vaikutusalaan ulotetaan myös ainakin linja-autot. WEM-skenaariossa on oletettu ensirekisteröityjen kuorma-autojen CO ₂ -päästöt ovat vähentyvän noin -21 % vuodesta 2021 vuoteen 2030, mikä on vähemmän kuin nykyinen vaatimus, sillä Suomessa tonnikilometreistä huomattava osa ajetaan niin suurilla autoilla, etteivät ne kuulu säädösten piiriin eli toimenpide ei toimi täysmääräisesti Suomen kuorma-autokannassa. WAM-skenaarioon oletettiin, että nykyinen vaatimus -30 % vähenemästä verrattuna vuoteen 2021 toteutuu täysimääräisesti myös Suomessa.
taustatiedot	Liikenne- ja viestintäministeriön, Traficomien sekä VTT:n asiantuntija-arviot

MaaS-palveluiden täysi potentiaali

wam2	
toimenpide	MaaS eli Mobility as a Service ei ole varsinainen toimenpide, vaan MaaS:n keskeisenä tarkoituksena on tarjota käyttäjäystävällisiä, luotettavia, edullisia ja kilpailukykyisiä ovelta ovelle kuljettavia liikkumispalveluita, joiden avulla yksityisomisteisen auton käyttötarve vähenee.
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -427 887 856 km/v. Henkilöautosuoritteen vähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	Oletetaan, että taustaselvityksessä arvioitu MaaS-palveluiden täysi potentiaali toteutuu. MaaS-palveluiden käyttöönotto edellyttää kuluttajakäyttäytymisen muutosta ja haasteita käyttäjäkunnan kasvattamiselle erityisesti Suomen kaltaisessa maassa ovat verrattain pieni väkiluku ja pitkät etäisyyden erityisesti haja-asutusalueilla. Merkittävän kysynnän saavuttaminen uusille palveluille vaatii aikaa ja edellyttää mm. kattavaa palvelutarjontaa.
taustatiedot	Liikenne- ja viestintäministeriö (2020): Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Mobility-as-a-Service (MaaS) ympäristövaikutuksista

100 % uusiutuvaa polttoainetta @2045

wam3	
toimenpide	Biopolttoaineiden jakeluvaihteen korottaminen 100 %:iin vuodesta 2030 vuoteen 2045 mennessä.
vaikutusaika	2031–2050
vaikutus	<p>Biopolttoaineiden uudet jakeluvaihteet vuosille 2031–2045: 35 %, 36 %, 37 %, 38 %, 40 %, 46 %, 52 %, 58 %, 64 %, 70 %, 76 %, 82 %, 88 %, 94 %, 100 %. 2030 jälkeen pysyy 100 %:ssa.</p> <p>Bioperäisten ja muiden uusiutuviksi luokiteltavien polttoaineiden osuus kulutuksesta kasvaa (biokaasu, biodiesel, sähköpolttoaineet), vastaavasti fossiilisten polttoaineiden osuus kulutuksesta pienenee loppuen täysin vuonna 2045 (maakaasu, diesel, bensiini).</p> <p>Bensiinin bio-osuus (lämpöarvosta) kasvaa vuodesta 2036 alkaen vuoteen 2045 seuraavasti: 21.5 %, 32.4 %, 42.7 %, 52.4 %, 61.4 %, 70.0 %, 78.1 %, 85.8 %, 93.1 %, 100 %.</p> <p>Biokaasun osuus kulutetusta liikennekaasusta pysyy 99 %:ssa vuodesta 2030 vuoteen 2044 ja on 100 % vuonna 2045.</p>
oletukset	Oletetaan, että Fossiilittoman liikenteen tiekartan mukainen tavoite kaikkien fossiilisten polttoaineiden korvaamisesta uusiutuvilla tai päästöttömillä polttoaineilla ja käyttövoimilla toteutuu täysimääräisesti. Jakeluvaihteet

	<p>vuosille 2031–2045 on valittu siten, että korotukset 2030-luvulla ovat maltillisia, mutta kiihtyvät kohti vuotta 2040, jotta 100 %:n tavoite saavutetaan 2045. Bensiinin oletetaan lisättävän sähköpolttoaineita ja muita uusiutuville polttoaineilla vuodesta 2035 eteenpäin, joilla korvataan verrattain vakiona pysynyttä fossiilista osuutta. Myös E85:n ja ED95:n, joiden absoluuttinen kulutus on hyvin pientä, fossiiliset osuudet oletetaan korvattavan sähköpolttoaineilla tai muilla uusiutuville polttoaineilla vuoteen 2045 mennessä.</p>
taustatiedot	<p>Jääskeläinen, S. (2021). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. VTT:n asiantuntija-arvio (2022)</p>

Romutuspalkkiokampanja

wam4	
toimenpide	<p>Autonsa (vuosimallia 2010 tai vanhempi) kierrätykseen luovuttava saa romutuspalkkion hankkiessaan uuden vähäpäästöisen auton (kaasuauto, <95 g/km lataushybridi, täyssähkö tai <120 g/km muu polttomoottoriauto), joukkoliikenteen kausilipun tai sähköavusteisen polkupyörän.</p>
vaikutusaika	2023
vaikutus	<p>15 – 25 vuoden ikäisiä henkilöautoja (benssiini- ja diesel 50-50 %) poistuu kannasta -6455 kpl/v. Uusia bensiiniautoja +390 kpl/v, kaasuautoja +391 kpl/v, bensiini-lataushybridejä +391 kpl/v, täyssähköautoja 751 kpl/v, korkeaseosetanoli-autoja +15 kpl/v, diesel-lataushybridejä +16 kpl/v.</p>
oletukset	<p>Oletetaan romutuskampanjan kestävän yhden vuoden ja tuen määrän (8 M€) vastaavan edellistä toteutunutta kampanjaa. Oletetaan, että tuki myönnetään vastaavanlaisella jakaumalla sähköpyörrien ja autojen hankintaan. Tuesta käytettiin edellisen kampanjan aikana 54 % sähköpyörän hankintaan, 44 % uuden auton hankintaan ja 2 % joukkoliikennelippuihin. Tuella hankittiin lähes 2000 uutta autoa. Mikäli tuesta 44 %, eli 3.52 M€, käytettiin auton tukiin, ja sillä saatiin 2000 autoa, oli keskimääräinen tukisumma noin 1800 €/auto.</p> <p>Kun polttomoottoriauton (pl. kaasu) hankintaan myönnettiin 1000 €/auto ja muun vähäpäästöisen auton hankintaan 2000 €/auto, 1800 euron keskimääräinen tukisumma saavutettaisiin esimerkiksi siten, että polttomoottoriautoja (pl. kaasu) olisi hankittu noin 390 kpl ja vähäpäästöisiä autoja 1565 kpl (yhteensä 1955 kpl). Tuilla on poistettu noin 6455 vanhaa autoa rekisteristä. Poistuvien autojen iäksi on oletettu 15–25 vuotta. Taustatiedot eivät kerro, että kuinka tuki jakautui vähäpäästöisiä autojen käyttövoimien kesken; oletetaan arbitraarisesti jakaumaksi 25 % kaasu, 25 % bensiini-lataushybridi, 1 % korkeaseosetanoli, 1 % diesel-lataushybridi, 48 % täyssähköauto.</p>
taustatiedot	<p>Traficom (2022). Romutuspalkkio - usein kysytyt kysymykset. https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/romutuspalkkio-usein-kysytyt-kysymykset</p> <p>Traficom (2021). Romutuspalkkion suosio ollut valtaisa - tukirahat varattu loppuun ennätysajassa. https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/romutuspalkkion-suosio-ollut-valtaisa-tukirahat-varattu-loppuun-ennatysajassa</p>

VTT:n asiantuntija-arviot

Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelma, joukkoliikenteen ja liikkumisen ohjauksen tukien korotus

wam5	
toimenpide	<p>Kolmen samaan tavoitteeseen tähtäävän toimenpiteen yhdistelmä:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmä-suunnitelmat sisältää joukon erinäisiä kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä edistäviä toimenpiteitä. - Valtion joukkoliikennetuen korottaminen kaupunkiseuduilla. - Liikkumisen ohjauksen valtionavustusten korottaminen.
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	<p>Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -995 054 348 km/v. Henkilöautosuoritteiden vähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.</p>
oletukset	<p>Kolme henkilöautosuoritteiden vähentämiseen tähtäävää toimenpidettä yhdistettiin, sillä niiden kaikkien taustatiedot eivät olleet riittäviä toimenpiteiden yksittäisvaikutuksen laskentaan, mutta toimenpiteillä on riittävästi päällekkäisyyksiä ja yhtäläisyyksiä, jotta ne voidaan yhdistää ja ajatella olevan toisiaan tukevia toimenpiteitä.</p> <p>Henkilöautosuoritteiden vähenemäksi oletettiin uuden selvityksen perusteella kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmien jäljellejäävä potentiaali: WEM-skenaariossa toteutettiin 15 % vastaavan toimenpiteen maksimipotentiaalista (rahoitusta saaneet hankkeet), joten WAM-skenaariossa toteutetaan loput 85 % (rahoitusta vaille jääneet hankkeet). Oletetaan vastaavin perustein, että henkilöautosuorite vähenee taustaselvityksen mukaisesti.</p>
taustatiedot	<p>Traficom (2022). Asiantuntija-arvio kaupunkiseutujen Ij-toimien toteuman asteesta.</p> <p>Traficom (2020). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmätoimet.</p>

Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman täysi potentiaali

wam6	
toimenpide	Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelma
vaikutusaika	2023–2050
vaikutus	Henkilöautosuorite vähenee siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -48 524 143 km/v. Henkilöautosuoritteiden vähenemä vuosina 2022–2030 kasvaa lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2022 on nolla, saavuttaa 2030 em. vähenemän ja vuodesta 2030 eteenpäin pysyy vakiona. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille henkilöautoille iästä ja käyttövoimasta riippumatta
oletukset	Oletetaan kävelyn- ja pyöräilyn investointiohjelmalle Fossiilittoman liikenteen tiekartan mukainen > 26,5 M€/v rahoitustaso. Taustaselvityksen suoritevähenemä vuodelle 2030 on arvioitu 30 M€/v rahoitustasolla.
taustatiedot	Traficom (2020). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmätoimet. Jääskeläinen, S. (2021). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä.

EU-liikenteen päästökauppa

wam7	
toimenpide	EU:n FitFor55:n ehdotuksen mukainen liikenteen fossiilisten polttoaineiden päästökauppa
vaikutusaika	2026–2044
vaikutus	Ajoneuvosuoritteet vähenevät siten, että vuoteen 2030 mennessä muutos on -2 340 100 638 km/v henkilöautoille ja -381 068 556 km/v pakettiautoille. Suoritteiden vähenemä vuosina on vakio vuosille 2026–2030 ja vähenee lineaarisesti siten, että vähenemä vuonna 2045, kun fossiilisten polttoaineiden myynti WAM-skenaariossa päättyy, on nolla. Suoritevähenemä jakautuu tasaisesti kaikille em. ajoneuvotyypeille iästä ja käyttövoimasta riippumatta.
oletukset	Oletetaan, että henkilö- ja pakettiautojen ajosuoritteet vähenevät taustaselvityksen WEM+PK1-mukaisesti, kuitenkin soveltaen nykypäivän tilanteeseen. Taustaselvityksessä oletettiin kaikkien ajoneuvojen suoritteiden laskevan. Tästä poiketen, oletetaan, että henkilöauto- ja pakettiautoliikenne reagoi polttoaineen hinnan nousuun kolmella eri tavalla: ryhmä 1) vähentää ajosuoritetta, ryhmä 2) ei vähennä ajosuoritetta, ryhmä 3) vaihtaa sähköautoon. Mallinnettavaksi suoritevähenemäksi laskettiin vuosien 2026–2030 suoritevähenemien keskiarvo, jolloin vähenemä on hieman pienempi kuin taustaselvityksen tarkat vuosittaiset vähenemät. Pois luetaan moottoripyörät, mopot ja nelipyörät suoritevähenemästä taustaselvityksen mukaisesti. Oletetaan myös, että raskas liikenne ei reagoi polttoaineen hinnan nousuun suoritteita vähentämällä (kuorma-autojen kuljetustarve ei vähene; linja-autot sähköistyvät vauhdilla), vaan hinnan nousu siirtyy kuljetuspalveluiden tilaajan maksettavaksi.
taustatiedot	VTT (2021). Arviot eri toimien vaikutuksista tieliikenteen hiilidioksidipäästöihin.

Muut määrittelemättömät muutokset

wam8	
toimenpide	Markkinaehtoiset muutokset käyttövoimissa ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen käyttövoimissa sekä henkilö- ja pakettiautojen ajosuoritteissa (muuttujien hienosäätö).
vaikutusaika	2023–2030
vaikutus	Ajoneuvojen ensirekisteröintien ja käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimaosuuksien säätö aikasarjaan sopivaksi.
oletukset	Oletetaan tasainen kehitys ensirekisteröityjen ja käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimaosuuksille. Ulkoisten muuttujien aiheuttamia muutoksia ei voida ennakoida käyttövoimaosuuksien kehityksissä. Oletetaan tasainen kehitys ajoneuvojen vuosisuoritteille, jolloin päästökaupan alkamisen aikaansaama lovi vuosisuoritteissa poistuu.
taustatiedot	VTT:n asiantuntija-arvio

WAM-toimenpiteiden khk-päästövähennysten vaikutusarviot

Toimenpiteen khk-vaikutus esitetään taulukoissa luokiteltuna kolmeen pääkategoriaan: Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen, ajoneuvokannan uudistaminen ja liikennejärjestelmän tehostaminen. Raportointiin suositellaan käytettävän joko yksittäisen toimenpiteen tai kategorian keskimääräistä khk-päästövähennysvaikutusta. Lisäksi esitetään kategorian yhteenlasketun vaikutuksen 95 % luottamusväli, johon toimenpiteen todellinen vaikutus sijoittuu 95 % todennäköisyydellä, kun huomioidaan kaikkien WEM-skenaarioiden toimenpiteiden yhteisvaikutukset.

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen

Taulukko 4. Fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen tähtävien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

Vuosi	3 Bio100	Yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	-3	-3	-3	-3
2023	1	1	-23	25
2024	1	1	-16	17
2025	1	1	-16	17
2026	1	1	-15	16
2027	1	1	-14	15
2028	0	0	-14	15
2029	0	0	-13	14
2030	0	0	-12	13
2031	-89 071	-89 071	-93 425	-84 717
2032	-171 258	-171 258	-179 736	-162 780
2033	-246 165	-246 165	-258 553	-233 778
2034	-313 206	-313 206	-329 297	-297 114
2035	-447 050	-447 050	-470 576	-423 524
2036	-812 427	-812 427	-858 031	-766 822
2037	-1 137 610	-1 137 610	-1 204 317	-1 070 903
2038	-1 428 443	-1 428 443	-1 515 231	-1 341 655
2039	-1 686 342	-1 686 342	-1 792 034	-1 580 650
2040	-1 915 622	-1 915 622	-2 039 061	-1 792 184
2041	-2 117 475	-2 117 475	-2 257 113	-1 977 837
2042	-2 302 646	-2 302 646	-2 456 898	-2 148 393
2043	-2 472 479	-2 472 479	-2 639 226	-2 305 732
2044	-2 630 907	-2 630 907	-2 808 346	-2 453 469
2045	-2 779 935	-2 779 935	-2 964 933	-2 594 938
2046	-2 673 938	-2 673 938	-2 849 501	-2 498 375
2047	-2 582 248	-2 582 248	-2 747 920	-2 416 575
2048	-2 495 506	-2 495 506	-2 650 773	-2 340 238
2049	-2 418 057	-2 418 057	-2 562 232	-2 273 883
2050	-2 344 705	-2 344 705	-2 477 874	-2 211 536

Biopolttoaineiden jakeluvolvoitteen nostamisella 100 %:iin on kaikista toimenpiteistä merkittävin vaikutus. Vaikkakin ajoneuvokannan uudistamisella WEM-skenaariossa oli myös hyvin suuri vaikutus khk-päästöön, on todennäköisesti mahdotonta saavuttaa fossiilitonta liikennettä pelkällä

ajoneuvokannan uudistamisella. Päästötöntä liikennettä biopolttoaineiden jakeluvaiheella ei kuitenkaan saada aikaan – polttomoottoriajoneuvojen biopolttoaineiden poltosta syntyy yhä päästöjä, joista bioperäinen metaani ja typpioksiduuli lasketaan yhä IPCC-ohjeiden mukaisesti kansallisesti raportoitaviin khk-päästöihin. Fossiilittoman hiilidioksidin määrän vähentyessä muiden kasvihuonekaasujen merkitys khk-päästöjen summassa alkaa korostua.

Ajoneuvokannan uudistaminen

Taulukko 5. Ajoneuvokantaa uudistavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

Vuosi	1 KA CO ₂ -rajat	4 Romutus	Yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	0	0	-8	-8	-8
2023	-2 050	-15 383	-17 433	-17 296	-17 221
2024	-8 029	-11 323	-19 352	-18 713	-18 653
2025	-18 071	-10 023	-28 095	-26 805	-26 731
2026	-30 486	-8 767	-39 253	-37 515	-37 206
2027	-44 580	-7 532	-52 112	-49 811	-49 498
2028	-60 411	-6 471	-66 882	-64 043	-63 730
2029	-77 793	-5 519	-83 312	-79 975	-79 668
2030	-90 789	-4 607	-95 396	-95 543	-95 250
2031	-109 109	-3 897	-113 006	-114 739	-111 273
2032	-126 001	-3 278	-129 280	-133 296	-125 264
2033	-139 676	-2 732	-142 408	-149 143	-135 673
2034	-150 335	-2 256	-152 591	-162 365	-142 817
2035	-157 494	-1 842	-159 336	-174 991	-143 681
2036	-157 321	-1 434	-158 755	-191 472	-126 039
2037	-155 114	-1 113	-156 227	-207 015	-105 439
2038	-151 126	-859	-151 985	-221 295	-82 675
2039	-145 215	-661	-145 876	-233 598	-58 155
2040	-137 944	-508	-138 452	-244 189	-32 715
2041	-129 414	-385	-129 800	-252 524	-7 075
2042	-119 800	-290	-120 091	-258 559	18 378
2043	-109 111	-216	-109 327	-261 625	42 970
2044	-97 857	-161	-98 018	-262 452	66 415
2045	-85 541	-117	-85 658	-259 128	87 812
2046	-81 528	-92	-81 620	-246 871	83 631
2047	-77 222	-74	-77 297	-233 732	79 138
2048	-72 606	-58	-72 664	-219 643	74 314
2049	-67 595	-44	-67 639	-204 358	69 080
2050	-62 574	-34	-62 609	-189 053	63 836

Kuorma-autojen keskimääräisen CO₂-arvon pieneneminen raja-arvojen tiukentumisen myötä luo merkittäviä khk-päästövähennyksiä. Päästövähennysvaikutus kasvaa vuoteen 2035 saakka, jonka jälkeen pienenee. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus toimenpiteen khk-päästövähennysvaikutukseen on merkittävän suurta, sillä 95 %:n luottamusvälit tälle yksittäiselle toimenpiteelle ulottuvat -258 kt:sta +87 kt:iin vuoden 2040-jälkeen. Näin suuri epävarmuus vaikuttaa koko toimenpidekategorian luottamusväliin heikentävästi ja näkyikin Taulukon 5 lopputuloksissa. Epävarmuutta kasvattaa todennäköisesti eri toimenpiteiden vaikutusten eri suuruusluokat

(biopolttoaineiden jakeluelvoite, jolla on suhteellisen suuri vaikutus khk-päästöihin, vaikuttaa voimakkaammin vuodesta 2035 eteenpäin).

Romutuspalkkiokampanjan khk-päästövähennysvaikutus on suurin heti toimenpiteen toteuttamisen aikana ja sen jälkeen. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus toimenpiteen päästövähennysvaikutukseen on pieni, eli romutuspalkkiokampanjalla saadaan aikaan melko varmoja khk-päästövähennyksiä, vaikkakin suuruusluokalta vähennys tutkitulla tukitasolla on pieni.

Liikennejärjestelmän tehostaminen

Taulukko 6. Liikennejärjestelmää tehostavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutusarviot (t CO₂ekv)

Vuosi	2 MaaS	5 Kaup LJ+	6 Käpy	7 EU-pk	Yhteensä	95 % luottamusväli	
2022	0	0	0	0	0	0	0
2023	-6 392	-14 865	-726	-1	-21 983	-22 074	-21 893
2024	-10 270	-23 885	-1 165	0	-35 320	-35 374	-35 267
2025	-14 648	-34 065	-1 662	0	-50 376	-50 432	-50 319
2026	-18 780	-43 675	-2 130	-246 043	-310 628	-310 775	-310 481
2027	-22 190	-51 606	-2 517	-232 529	-308 842	-308 987	-308 698
2028	-25 096	-58 362	-2 846	-218 994	-305 298	-305 439	-305 157
2029	-27 491	-63 934	-3 118	-205 403	-299 946	-300 081	-299 811
2030	-28 916	-67 248	-3 280	-188 794	-288 238	-288 365	-288 112
2031	-27 082	-63 001	-3 073	-164 724	-257 879	-260 664	-255 093
2032	-25 226	-58 701	-2 863	-142 166	-228 955	-233 851	-224 059
2033	-23 351	-54 357	-2 651	-121 177	-201 536	-207 957	-195 115
2034	-21 463	-49 976	-2 437	-101 803	-175 679	-183 095	-168 263
2035	-19 403	-45 211	-2 205	-83 381	-150 201	-159 769	-140 633
2036	-16 913	-39 490	-1 926	-65 095	-123 425	-139 899	-106 950
2037	-14 662	-34 312	-1 673	-49 907	-100 554	-121 908	-79 201
2038	-12 640	-29 654	-1 446	-37 445	-81 184	-105 761	-56 607
2039	-10 834	-25 488	-1 243	-27 356	-64 921	-91 414	-38 428
2040	-9 231	-21 787	-1 063	-19 310	-51 390	-78 811	-23 970
2041	-7 818	-18 519	-903	-13 006	-40 246	-67 893	-12 599
2042	-6 580	-15 650	-763	-8 160	-31 154	-58 573	-3 735
2043	-5 502	-13 147	-641	-4 519	-23 809	-50 754	3 136
2044	-4 568	-10 975	-535	-1 863	-17 941	-44 327	8 445
2045	-3 763	-9 098	-444	0	-13 305	-39 156	12 547
2046	-3 386	-8 186	-399	0	-11 971	-34 677	10 735
2047	-3 048	-7 369	-359	0	-10 776	-30 759	9 208
2048	-2 746	-6 639	-324	0	-9 709	-27 339	7 921
2049	-2 478	-5 991	-292	0	-8 761	-24 363	6 842
2050	-2 240	-5 417	-264	0	-7 921	-21 779	5 937

Henkilöautosuorituksen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutukset ovat suurimpia 2020- ja 2030-luvuilla ja alkaa laskea samalla kun nollapäästöisten ajoneuvojen määrä ajoneuvokannassa kasvaa. Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmilla sekä joukkoliikennetuilla on näistä kolmesta toimenpiteestä suurin khk-päästövähennyspotentiaali. Kävelyn ja pyöräilyn investointiohjelman khk-päästövähennysvaikutuksen pienuus selittyy verrattain matalalla rahoitustasolla. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus näiden toimenpiteiden

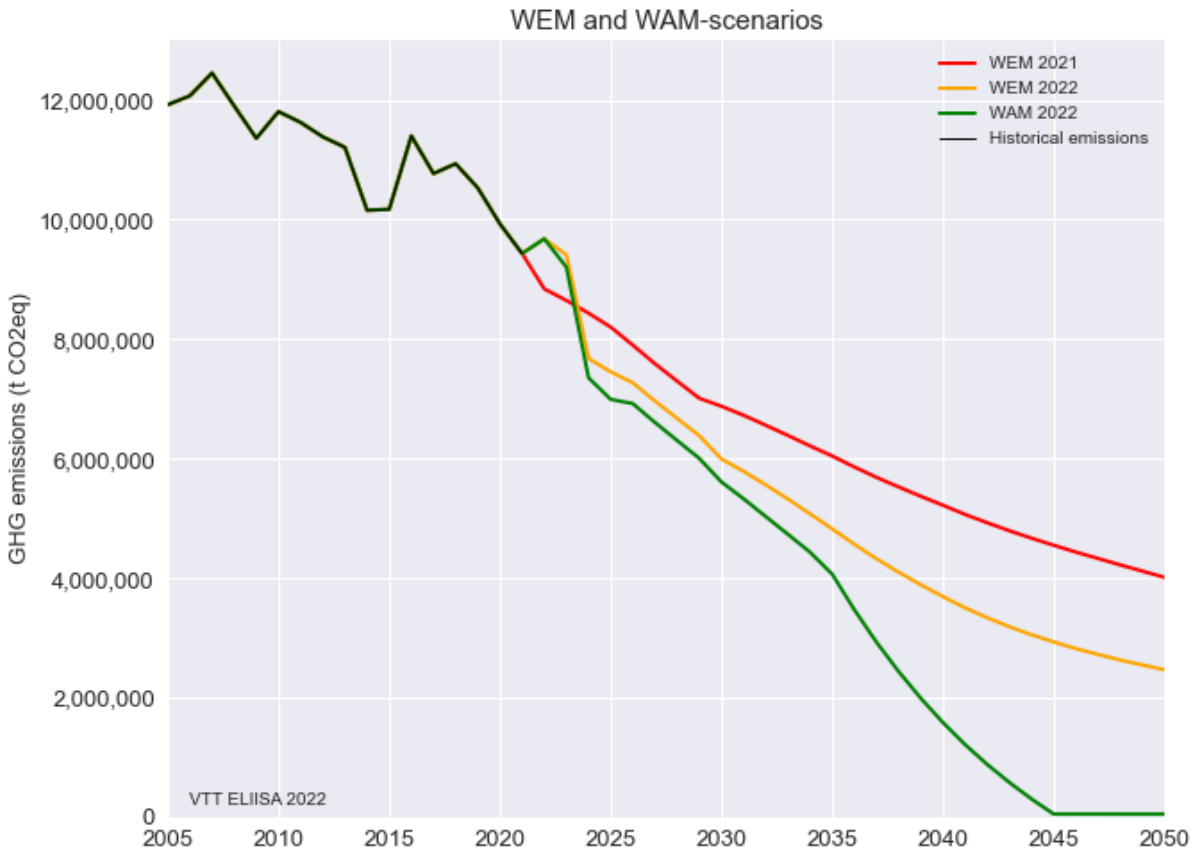
khk-päästövähennysvaikutukseen on pientä vuoteen 2035 asti, jonka jälkeen epävarmuus kasvaa merkittävästi kaikilla toimenpiteillä. Epävarmuutta kasvattaa todennäköisesti eri toimenpiteiden vaikutusten eri suuruusluokat (biopolttoaineiden jakeluvolte, jolla on suhteellisen suuri vaikutus khk-päästöihin, vaikuttaa voimakkaammin vuodesta 2035 eteenpäin).

EU-liikenteen päästökauppa valittiin osaksi liikennejärjestelmän tehostamiskategoriaa, sillä sen vaikutus mallissa oli ajosuoritetta vähentävä. Sen voisi siirtää myös osaksi ajoneuvokannan uudistamiskategoriaa, mikäli päästökaupan vaikutusta ajoneuvokantaan mallinnettisiin. Päästökaupan khk-päästövähennysvaikutus on suurin heti toimenpiteen toimeenpanon jälkeisinä vuosina. Vaikutus pienenee muiden suoritteiden vähentämiseen tähtävien toimenpiteiden mukaisesti samalla kun nollapäästöisten ajoneuvojen osuus ajoneuvokannasta. Yhteisvaikutusten luoma epävarmuus päästökaupan khk-päästövähennysvaikutukseen on pienintä vuoteen 2035 ja kasvaa sen jälkeen kuten em. toimenpiteillä.

Liikennejärjestelmää tehostavien toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutus on suurempaa WAM-skenaariossa kuin WEM-skenaariossa johtuen siitä, että tähän mennessä rahoitusta saaneiden hankkeiden määrä oli alhainen. Toimenpiteiden khk-päästövähennysvaikutus painottuu 2020- ja 2030-luvuille, minkä jälkeen yhteisvaikutusten luoman suuren epävarmuuden vuoksi voidaan todeta khk-päästövähennysvaikutusten olevan heikoimmillaan nolla tai jopa päästöjä lisäävä.

Kolmen pääkategorian ulkopuolelle jätettiin Muut-kategoria, jonka ei nähty kuuluvan suoraan yhteen kategoriaan, vaan siinä on niin ajoneuvokannan uudistumisen kuin liikennejärjestelmän energiatehokkuuden vaikutuksia; Muut-kategoriassa on tehty pieniä muutoksia ajoneuvojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuuksiin ja suurehkoja muutoksia henkilö- ja pakettiautojen ajosuoritteisiin. Muut-kategorian päästövähennykset ja -lisäykset ajoittuvat 2020-luvulle. Päästömuutokset ovat sinänsä keinotekoisia, sillä ne on aikaansaatu mallin lähtömuuttujien aikasarjojen tasoituksilla; muuttujien poikkeavia hyppäyksiä (muiden wam-toimenpiteiden toteuttamisesta johtuvia) suuremmaksi tai pienemmäksi aikasarjassa ei voida perustella, vaan vuosien välinen muutoksen tulee olla loogisesti jatkuva.

Yhteenveto WEM2022- ja WAM2022-tuloksista



Kuvio 1. Tieliikenteen khk-päästöjen historiallinen kehitys 2005–2021 ja tuleva kehitys WEM- ja WAM-skenaarioissa 2022–2050.

Tieliikenteen khk-päästöt laskevat merkittävästi uudessa WEM2022-skenaariossa pitkällä aikavälillä. Lyhyen aikavälin korotuksen khk-päästöön luo tilapäiset muutokset jakeluvloitteessa. Jakeluvloitteiden kiristäminen tilapäisen madalluksen jälkeen luo kuitenkin lähitulevaisuudessa merkittävimmät khk-päästövähennykset, kun taas pitkällä aikavälillä autokannan uudistumisen khk-päästövähennysvaikutus korostuu. Etenkin EU-direktiivin luomat tiukemmat CO₂-rajat henkilö- ja pakettiautoille saavat WEM-päästöuran merkittävään laskuun. Kotimaan liikenteen khk-päästöt⁴ vähenevät **-49.4 %** verrattuna vuoden 2005 khk-päästöihin eli yltää lähelle tavoiteltua -50 %-khk-päästövähennemään.

WAM2022-skenaario eriaa selkeästi WEM-skenaariosta vuodesta 2025 alkaen, josta eteenpäin liikennejärjestelmän tehostamisen toimilla on suurin merkitys 2030-luvun alkupuolelle asti. Pitkällä aikavälillä fossiilisten polttoaineiden korvaamisella on suurin khk-päästövähennysvaikutus saaden

⁴ Hankkeen yhteydessä päivitettiin kotimaan vesiliikenteen arviot jakeluvloitemuutosten pohjalta sekä huomioitiin raideliikenteen oletetut khk-päästöurat Fossiilittoman liikenteen tiekartan WEM- ja WAM-skenaarioiden mukaisesti.

tieliikenteen khk-päästöt lähelle nollaa vuonna 2045. Ajoneuvokannan uudistamisen khk-päästövähennysvaikutus WAM-skenaariossa jää näistä kategorioista pienimmäksi ja myös kaikista epävarmimmaksi. Jäljellejäävät khk-päästöt vuosina 2045–2050 ovat bioperäisiä metaani- ja typpioksiduulipäästöjä; metaanipäästöjen kasvaa niin WEM- kuin WAM-skenaarioissa kaasuautojen suurempien metaanipäästöjen vuoksi (mikäli kaasutankin ja -tankkauksen hajapäästöt huomioitaisiin, olisi metaanipäästöjen määrä vieläkin suurempi).

Tulosten perusteella Suomen on hyvin mahdollista saavuttaa tieliikenteen päästövähennystavoitteet vuodelle 2030, mikäli nykytoimien lisäksi toimeenpannaan riittävästi WAM-toimenpiteitä. WAM-toimenpiteiden täydellä toimeenpanolla voidaan saavuttaa erittäin vähäpäästöinen fossiiliton tieliikenne, mikäli sähköpolttoaineet ja vety yleistyvät liikenteen energianlähteenä.