

Ilmastopaneeli

TARVE, TOTTUMUKSET, TEKNIikka JA TALOUS –
ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄN TOIMENPITEET
LIIKENTEESSÄ

TARVE, TOTTUMUKSET, TEKNIikka JA TALOUS – ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄN TOIMENPITEET LIIKENTEESSÄ

HEIKKI LIIMATAINEN¹, LASSE NYKÄNEN¹, TUULI RANTALA¹, ANTTI REHUNEN², MIKA RISTIMÄKI²,
ANNA STRANDELL², JYRI SEPPÄLÄ², MATTI KYTÖ³, SAMULI PUROILA⁴ JA MARKKU OLLIKAINEN⁴

1 Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenteen tutkimuskeskus Verne

2 Suomen ympäristökeskus SYKE

3 Teknologian tutkimuskeskus VTT

4 Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos

TIIVISTELMÄ

Liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2013 noin 12,0 Mt, mikä vastaa noin 23 % Suomen kokonaispäästöistä. Liikenteen osuus kokonaispäästöistä on kasvanut viime vuosina teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen pienentyessä. Näin ollen liikenteen päästöjen kehitys korostuu arvioitaessa Suomen mahdollisuuksia saavuttaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet. Liikenteen hiilidioksidipäästöjä pitäisi vähentää vuoden 1990 tasosta vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä. Sekä aiempien VTT:n ennusteiden, että tämän selvityksen mukaan liikenteen päästöt pienenevät peruskehityksessä noin neljänneksellä vuoteen 2030 mennessä ja kolmanneksella vuoteen 2050 mennessä, joten uusia toimenpiteitä tarvitaan tavoitteiden saavuttamiseksi.

Tämän selvityksen tavoitteena oli tuottaa poliittiseen päätöksentekoon selkeää tietoa liikkumis- ja kuljetustarpeeseen, -tottumuksiin ja -tekniikkaan vaikuttavista toimenpiteistä ja toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalista ja taloudellisista vaikutuksista. Tarkoituksena on koota olemassa olevaa tietoa kokonaisuuden hahmottamiseksi. Selvityksen tutkimuskysymys on: **millä toimenpiteillä liikenteen päästötavoitteet voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti?**

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen tulevan kehityksen ennakkointiin kehitettiin skenaariotyökalu. Työkalu on Excel-malli, joka yhdistää väestön ja yhdyskuntarakenteen ennakkoinnilla tuotettavan henkilöliikennesuoritearvion VTT:n ja Liikenteen tutkimuskeskus Vernen tekemään henkilöliikenteen päästömalliin, joka perustuu autokannan muutoksiin. Skenaariotyökalu tuottaa kokonaisskenaariot vuosille 2030 ja 2050. Henkilöautojen päästöjen kehitykselle saadaan tiedot autokannasta, suoritteista, energiankulutuksesta ja päästöistä myös näiden vuosien välillä. Kuljetusten osalta kehitettiin yksinkertaisempi Excel-malli.

Ilmastopaneelin suosituksen mukaisessa kehityksessä ihmisten ja tavaroiden liikkuvuutta ei rajoiteta, mutta yhdyskuntarakenteen kehittämisen myötä liikkumistarve pienenee hieman. Yhdyskuntarakenteen kehittämisellä ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämistoimilla on saatava aikaan merkittävä muutos ihmisten liikkumistottumuksissa. Henkilöautojen kulkutapaosuus tulisi saada laskemaan nykyisestä 59 prosentista 51 prosenttiin vuonna 2030 ja 38 prosenttiin vuonna 2050. Tähän tarvitaan noin 11 mrd. € panostukset, mutta saavutettavat hyödyt ovat n. 14 mrd. € ja päästövähennysten kustannukset ovat -170 €/t.

Myös henkilöautojen käyttötapa muuttuu suosituksen mukaisessa kehityksessä kimppekyytien ja yhteiskäyttöautojen voimakkaan lisäämisen myötä. Tähän tarvitaan noin 1 mrd. € panostukset, mutta saavutettavat hyödyt ovat n. 9 mrd. € ja päästövähennysten kustannukset ovat -950 €/t. Henkilöautojen käyttötapojen muutos on selvästi kustannustehokkain toimenpidokokonaisuus.

Uusien henkilöautojen energiankulutuksen pitäisi puolestaan puolittua nykyisestä. Vuonna 2050 ei enää myydä perinteisiä bensiini- tai dieselautoja, vaan tiukkojen päästörajojen saavuttamiseksi kaikki autot ovat hybridautoja. Etanolia käyttävien flex-fuel -autojen osuus uusista autoista on 20 %, samoin kuin dieselhybridautojen. Ladattavien hybridien osuus on 40 %, akkusähköautojen 15 % ja vetyautojen 5 % uusista henkilöautoista vuonna 2050. Polttoaineiden osalta uusiutuvan etanolin osuus bensiinin energiasisällöstä on suosituksen mukaisessa kehityksessä 15 % vuonna 2030 ja 25 % vuonna 2050. Uusiutuvan dieselin osuutta puolestaan kasvatetaan merkittävästi 15 prosenttiin vuonna 2030 ja 50 prosenttiin vuonna 2050. Näihin muutoksiin tarvitaan noin 5 mrd. € panostukset ja saavutettavat hyödyt ovat n. 1 mrd. € ja päästövähennysten kustannukset ovat 190 €/t.

Kuljetusten päästöjen vähentämiseen tarvitaan puolestaan noin 4,4 mrd. € panostukset ja saavutettavat hyödyt ovat n. 1 mrd. € ja päästövähennysten kustannukset ovat 160 €/t. Kuljetusten päästöjen vähentämisessä korostuu yritysten yhteistyöllä saavutettava energiatehokkuuden parantaminen.

POLITIIKKASUOSITUKSET

Selvityksen perusteella tutkimusryhmä suosittelee seuraavien politiikkatoimenpiteiden vaikutusten tarkempaa analyysiä ja toimeenpanoa:

Yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen:

- kävelyn edistäminen: liikenneympäristön viihtyisyyden edistäminen, talvikunnossapito
- pyöräilyn edistäminen: korkeatasoisten väyläverkostojen rakentaminen, talvikunnossapito
- joukkoliikenteen edistäminen: nopeuttaminen, palvelutason parantaminen, hintojen alentaminen ja maksutapojen uudistaminen sekä liityntäpysäköinnin lisääminen ja hintojen alentaminen
- kokonaisvaltaiset toimenpiteet:
 - maankäytön, asumisen, liikenteen, palvelujen ja elinkeinojen yhteen sovittaminen kaupunkiseuduilla
 - uuden rakentamisen ohjaaminen yhdyskuntarakenteessa jalankulku- ja joukkoliikennevyöhykkeille
 - täydennysrakentamisen edistäminen kuntien maapolitiikan, kaavoituksen, autopaikkainormien alentamisen ja sääntelyn keventämisen kautta
 - työpaikkojen ja palvelujen ohjaaminen joukkoliikenteen solmukohtiin
 - kohdennetun liikkumisen ohjauksen informaation lähettäminen kaikille kansalaisille
 - mahdollisesti taloudellisen ohjauksen keinoja, kuten alueellisesti porrastettu kilometrivero, työmatkojen verovähennysoikeuden muuttaminen kulkutavasta riippumattomaksi ja kilometriperusteiseksi ja pysäköinnin hintojen nostaminen

Henkilöautojen käyttötapojen muuttaminen:

- yhteiskäyttöautojen vapauttaminen veroista ja pysäköintimaksuista
- pysäköintipaikkojen varaaminen yhteiskäyttöautoille
- julkisen sektorin omistuksessa olevien autojen ottaminen yhteiskäyttöön
- kimpakyytikampanjoiden järjestäminen julkisen sektorin toimipaikoissa
- vaikuttaminen EU:ssa robottiautoihin liittyvän lainsäädännön kehittämiseksi

Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen:

- vaikuttaminen EU:ssa uusien autojen päästönormien tiukentamiseksi ja päästöjen mittauksen uudistamiseksi todellisen käytön päästöjä paremmin vastaavaksi
- verotuksen päästöporrastuksen jatkuva tiukentaminen

Vaihtoehtoisten käyttövoimien ja uusiutuvien polttoaineiden tukeminen:

- vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin rakentaminen
- vaikuttaminen EU:ssa uusiutuvien polttoaineiden laatustandardien ja elinkaari päästöjen laskentasääntöjen selkiyttämiseksi
- uusiutuvien polttoaineiden jakeluvälitteiden kasvattaminen

Kuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähentäminen:

- vaikuttaminen EU:ssa pakettiautojen päästönormien tiukentamiseksi ja kuorma-autojen päästönormien käyttöönottamiseksi
- nesteytetyn biokaasun jakeluverkoston luominen satamiin ja tärkeimmille kuljetusväylille
- investointitukien myöntäminen energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden käyttöönottoon energiatehokkuussopimukseen liittyneille ja vastuullisuusmallia käyttäville kuljetusyrityksille
- ohjelman perustaminen kuljetusten tilaajien yhteistyön kehittämiseksi ja kuljetusyrittäjien parhaiden käytäntöjen levittämiseksi
- kaupunkikeskusten yhteisjakelukeskusten perustaminen

LAAJENNETTU TIIVISTELMÄ

Tausta

Liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2013 noin 12,0 Mt, mikä vastaa noin 23 % Suomen kokonaispäästöistä. Liikenteen osuus kokonaispäästöistä on kasvanut viime vuosina teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen pienentyessä. Näin ollen liikenteen päästöjen kehitys korostuu arvioitaessa Suomen mahdollisuuksia saavuttaa kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet. Liikenteen hiilidioksidipäästöjä pitäisi vähentää vuoden 1990 tasosta vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä.

Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) mukaan liikenteen päästöt voivat ilman voimakkaita ja jatkuvia vähennystoimenpiteitä kasvaa globaalisti nopeammin kuin minkään muun sektorin. Myös Suomessa Liikennevirasto ennustaa henkilöautoliikenteen suoritteiden kasvavan merkittävästi vuoteen 2050 saakka ja ilman suoritteiden kasvuakin liikenteen päästöjen vähentäminen ei ole riittävän nopeaa ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. IPCC:n mukaan liikennetarpeen vähentäminen, kulkutapavalintojen muuttaminen, ajoneuvo- ja moottoritekniikan kehittäminen, vähähiiliset polttoaineet, infrastruktuuri-investoinnit ja muutokset yhdyskuntarakenteeseen mahdollistavat kuitenkin yhdessä merkittävät päästövähennykset. Näiden toimenpiteiden tukemiseksi tarvitaan voimakkaita ja toisiaan tukevia poliittisia päätöksiä sekä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.

Toimenpidekokonaisuuksien kustannustehokkuus

Selvityksessä tutkituista toimenpiteistä yhteiskunnalle kannattavin toimenpide on siirtyminen yksityisestä henkilöautoilusta sosiaaliseen lisäämällä kimpakyytejä ja yhteiskäyttöautoja (ks. taulukko alla). Kimpakyydit parantavat henkilöautoilun energiatehokkuutta ilman lisäkustannuksia ja yhteiskäyttöautot pienentävät autokantaa ja vähentävät siten henkilöautojen hankinnan ja omistamisen kiinteitä kustannuksia. Tällaiseen liikenne palveluna -ajatteluun siirtyminen edellyttää asenteiden muutoksen lisäksi sekä teknologisia innovaatioita että lainsäädäntöön ja markkinoiden ohjaukseen liittyviä muutoksia.

Hyvin kannattavia ovat myös yhdyskuntarakenteen kehittymistä ohjaavat toimenpiteet, joiden avulla voidaan myös saavuttaa säästöjä kuntataloudessa. Kulkutapojen osuuksiin vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn infrastruktuurin kehittämistoimenpiteet voivat myös olla yhteiskunnallisesti kannattavia, koska niihin liittyy kansanterveydellisiä hyötyjä. Joukkoliikenteen infrastruktuurin kehittämisessä painottuvat raidehankkeet, jotka ovat kalliita, mutta joiden liikenneturvallisuutta edistävä vaikutus on myös suuri. Yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen infrastruktuuri liittyvät kiinteästi toisiinsa ja muutokset ovat hitaita, joten poliittisen ohjauksen tulee olla pitkäjänteistä.

Tekniset toimenpiteet aiheuttavat yhteiskunnalle kustannuksia, koska sekä autojen energiankulutuksen pienentämiseen että vaihtoehtoisten polttoaineiden ja ajoneuvojen käyttöönottoon liittyy korkeita kustannuksia. Teknisillä toimenpiteillä on kuitenkin saavutettavissa suuret päästövähennykset ja päästövähennystavoitteiden saavuttaminen on mahdollista teknisillä toimenpiteillä. Tämä edellyttäisi vaihtoehtoisten käyttövoimien nopeaa käyttöönottoa ja yhteiskunnalta jäisi saamatta mittavia yhdyskuntarakenteeseen, kulkutapavalintoihin ja autojen käyttötapojen muutoksiin liittyviä hyötyjä, kuten terveyshyötyjä, energiankulutuksen vähenemän hyötyjä ja autojen kiinteiden kustannusten säästöjä. Lisäksi teknologiakeskeisessä vaihtoehdossa vaihtoehtoisista käyttövoimista johtuvat päästöt muille sektoreille ovat lähes kaksinkertaiset suosituksen mukaiseen kehitykseen verrattuna.

Taloudellisten ohjaukeinojen vaikutukset ovat yksittäisinä suhteellisen pieniä, mutta ne tukevat liikkumiskäyttäytymisen muutosta ja ne voidaan nähdä tehostavina ohjaukeinoina muiden

Ilmastopaneeli

toimenpidekokonaisuuksien yhteydessä. Taloudelliset ohjaukeinit vaikuttavat pidemmällä aikavälillä asukkaiden ja yritysten sijaintipäätösten kautta välillisesti myös liikkumistarpeeseen.

Suosituksen mukaisten toimenpidekokonaisuuksien kustannukset ja hyödyt

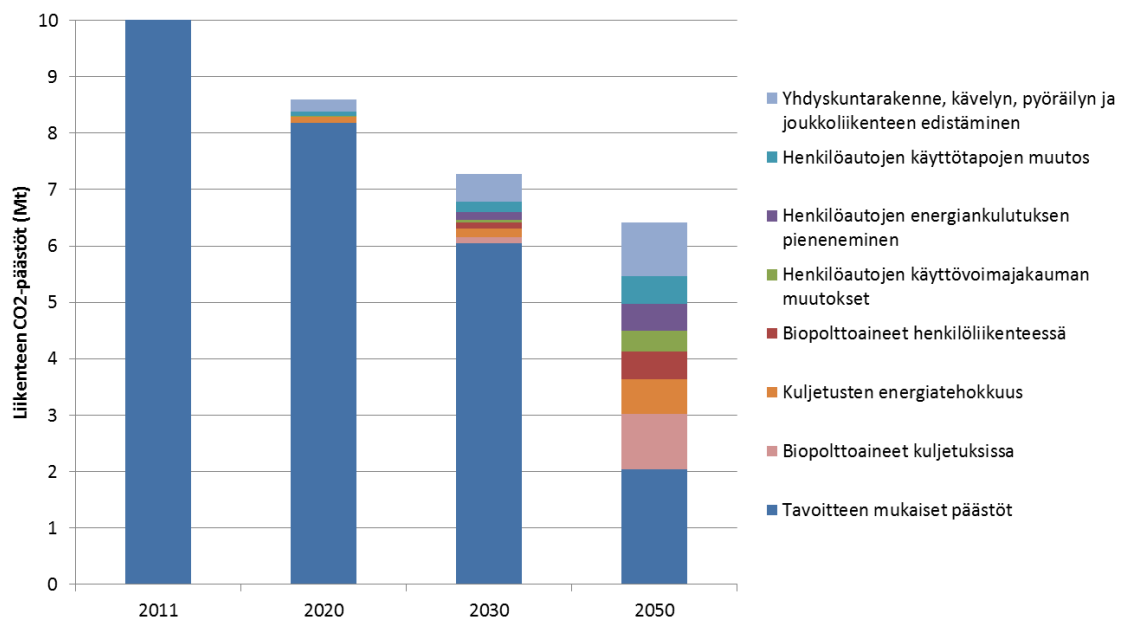
Toimenpidekokonaisuus	Kustannukset (mrd. €)	Selite	Hyödyt (mrd. €)	Selite	Päästövähennemä ja yksikkökustannus
Yhdyskuntarakenne, kävely, pyöräily ja joukkoliikenne (sekä mahdollisesti taloudelliset ohjaukeinit)	11,1	510 M€ vuodessa infrahankkeisiin, liikkumisen ohjaukseen, joukkoliikenteen palvelutason parantamiseen ja bussien vaihtoehtoiisiin käyttövoimiin	14,3	3,9 mrd. € kävelyn ja pyöräilyn terveyshyödyt ja henkilöautojen päästöjen terveyskustannusten vähenemä + 4,0 mrd. € uusien autojen hankintakustannusten säästö + 3,9 mrd. € henkilöautojen kiinteiden kustannusten väheneminen, n. 1000 €/auto/vuosi + 2,5 mrd. € energiankulutuksen vähenemä	18,6 Mt, -172 €/t
Henkilöautojen käyttötavat, kimpakyydit, yhteiskäyttöautot	1,0	Henkilöautojen yhteiskäytön ja kimpakyytien järjestelmät, n. 1000 €/auto vuodessa	9,3	4,0 mrd. € uusien autojen hankintakustannusten säästö + 3,9 mrd. € henkilöautojen kiinteiden kustannusten väheneminen, n. 1000 €/auto/vuosi + 1,4 mrd. € energiankulutuksen vähenemä	8,7 Mt, -954 €/t
Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen	3,5	Energiatohokkaiden autojen hintaisä kasvaa 0 €:sta 5000 €:oon vuosina 2022-2050	1,1	Energiankulutuksen vähenemä	7,1 Mt, 338 €/t
Henkilöautojen vaihtoehtoiset käyttövoimat	0,8	0,6 mrd. € plug-in hybridien, sähkö- ja vetyautojen hintaisä + 0,2 mrd. € jakeluinfra			4,5 Mt, 178 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt biokaasun, sähkön ja vedyn tuotannosta: 3,6 Mt (BAU: 4,6 Mt)
Henkilöautojen uusiutuvat polttoaineet	0,4	uusiutuvien polttoaineiden korkeampi hinta			7,1 Mt, 56 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt etanolin ja uusiutuvan dieselin tuotannosta: 5,9 Mt (BAU: 5,7 Mt)
Kuljetusten energiatohokkuus	2,5	Energiatohokkaat kuorma- ja pakettiautot	1,0	Energiankulutuksen vähenemä	9,3 Mt, 161 €/t
Kuljetusten vaihtoehtoiset käyttövoimat	1,9	0,6 mrd. € uusiutuvan dieselin korkeampi hinta + 1,3 mrd. € vesikuljetusten bio-LNG ja infra			12,2 Mt, 156 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt etanolin ja uusiutuvan dieselin tuotannosta: 9,0 Mt (BAU: 4,2 Mt)
Yhteensä	21,2		24,7		68 Mt, -52 €/t

Toimenpiteiden vaikutukset 2020, 2030 ja 2050

Nykyiset politiikkatoimenpiteet, merkittävimmin EU:n päästöraajat uusille henkilöautoille ja Suomen jakeluvelvoite biopolttoaineille, tähtäävät vuoteen 2020. Näin ollen Suositus-skenaarion mukaisten toimenpiteiden lisävähennys BAU-skenaarioon verrattuna on melko vähäinen. BAU-skenaariossa päästöt vähenevät nykyisestä 14 % ja Suositus-skenaariossa 18 %. Vuoden 2020 päästömääränä ero on 0,4 Mt. LVM:n ilmastopoliittisen ohjelman (ILPO) tavoitteet näyttäisivät toteutuvan myös BAU-skenaariossa, mutta pidemmän aikavälin tavoitteiden toteutuminen edellyttää suosituksen mukaista päästökehitystä ja siihen liittyviä toimenpiteitä jo ennen vuotta 2020. Erityisesti yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen on tärkeää Suositus-skenaarion kehitysuralle pääsemiseksi.

Vuonna 2030 liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat suosituksen mukaisilla toimenpiteillä 1,2 Mt pienemmät kuin BAU-skenaariossa. Yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kulkutapajakaumaan vaikuttaminen ovat myös tällä aikavälillä merkittävät tekijät päästöjen vähentämiseksi, mutta tavoitteiden mukaisiin päästövähennyksiin pääseminen edellyttää kaikkien toimenpidekokonaisuuksien toimeenpanoa. Vaihtoehtoisten käyttövoimien edistämällä on seuraavaksi suurin vaikutus, koska uusiutuvat polttoaineet vaikuttavat sekä henkilö- että tavaraliikenteen päästöihin. Henkilöautojen käyttötappojen muutoksella on myös verrattain suuri vaikutus. Henkilöautojen energiankulutuksen tulee jatkaa laskuaan myös nykyisten EU-normien ohjausvaikutusten päättyessä, eli vuoden 2021 jälkeen.

Vuonna 2050 puolestaan vaihtoehtoisten käyttövoimien merkitys päästöjen vähentämisessä korostuu edelleen. Kuljetusten käyttövoimien muutoksen osuus päästövähennyksestä on 23 % ja henkilöliikenteen käyttövoimien muutoksen osuus 20 %. Kuljetusten energiatehokkuuden osuus on 14 %, henkilöautojen energiankulutuksen pienentämisen 11 %, henkilöautojen käyttötappojen muutoksen osuus samoin 11 % ja yhdyskuntarakenteen ja kulkutappojen muutoksen osuus 22 %. Alla on kuvattu Ilmastopaneelin suosituksen mukaisten toimenpidekokonaisuuksien päästövähennysvaikutusten suuruutta. Pylvään korkeus esittää liikenteen kokonaispäästöjä BAU-skenaariossa ja sinisen värin osuus päästöjen kokonaismäärää päästötavoitteiden mukaisessa kehityksessä (-40 % 2030 ja -80 % 2050).



Suosituksen mukaisten toimenpidekokonaisuuksien vaikutus päästövähennyksiin verrattuna BAU-skenaarioon (pylvään koko korkeus).

Liikenteen päästöjakauma 2050

Ilmastopaneelin suosituksen mukaisilla toimenpiteillä liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenevät nykyisestä 80 %, ollen 2 Mt vuonna 2050. BAU-skenaarioon verrattuna päästöt ovat siten 4,4 Mt pienemmät. Energian kulutus pienenee suosituksen mukaisessa kehityksessä 41 % BAU-skenaarioon verrattuna vuonna 2050. Päästöjen jakauma muuttuu huomattavasti nykyisestä. Henkilöautojen osuus päästöistä on nyt 58 %, mutta tavoitteessa vain 23 %. Linja-autojen osuus kasvaa 2 prosentista 9 prosenttiin suoritteiden kasvun myötä ja lentoliikenteen osuus kasvaa myös selvästi, koska päästöt pienenevät vain vähän. Kuljetusten osuus päästöistä kasvaa 31 prosentista 50 prosenttiin.

Jatkotutkimukset

Selvityksen lähtökohtana pidettiin liikenteen osalta 80 % päästövähennystavoitetta vuodelle 2050. Päästöjen vähennystarve voi kuitenkin olla liikenteessä suurempi, koska muilla ei-päästökauppasektoreilla, kuten maataloudessa, päästöjen vähentäminen voi olla vielä vaikeampaa tai kalliimpaa kuin liikenteessä. Näin ollen jatkossa olisi tarpeen selvittää myös vielä suurempien päästövähennysten kustannuksia, hyötyjä ja tarvittavia toimenpiteitä. Tämän selvityksen resursseilla ei ollut mahdollista tarkastella yksittäisten toimenpiteiden ja politiikkasuositusten päästövaikutuksia, kustannuksia ja hyötyjä. Työssä luotu menetelmä kuitenkin mahdollistaa tällaisten tarkastelujen tekemisen jatkossa. Tarkempiin analyyseihin on syytä sisällyttää myös esimerkiksi energiakustannuksiin ja toimepiteiden ajoitukseen liittyviä herkkyystarkasteluja.

NEED, HABITS, TECHNOLOGY AND ECONOMY – CLIMATE CHANGE MITIGATION MEASURES IN TRANSPORT

Heikki Liimatainen¹, Lasse Nykänen¹, Tuuli Rantala¹, Antti Rehunen², Mika Ristimäki², Anna Strandell², Jyri Seppälä², Matti Kytö³, Samuli Puroila⁴ Ja Markku Ollikainen⁴

¹ Tampere University of Technology, Transport Research Centre Verne, ² Finnish Environment Institute

³ VTT Technical Research Centre of Finland, ⁴ University of Helsinki

EXECUTIVE SUMMARY

Background

The carbon dioxide (CO₂) emissions from Finnish transport sector were 12,0 Mt in 2013, which is about 23% of total CO₂ emissions in Finland. Transport sector's share of emissions has grown during last few years as the emissions from industry and energy production have decreased. Hence, the development of transport emissions is increasingly important when the possibilities to achieve the greenhouse gas reduction targets are evaluated in Finland. Transport CO₂ emissions should be decreased from the 1990 level by at least 40% by 2030 and 80% by 2050.

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) emissions from transport may grow faster than on any other sector without aggressive and sustained emission reduction measures. Also in Finland the Finnish Transport Agency forecasts car transport to grow significantly by 2050 and even without this growth emission reduction in transport is not fast enough to mitigate climate change. According to the IPCC avoiding journeys, modal shift, improvements in vehicle technology, low-carbon fuels, infrastructure investments and densifying urban landscapes effectively combined enable significant emission reductions. A range of strong and mutually-supportive policies are needed to support these measures in both short- and long-term.

Cost efficiency of measure packages

The most cost efficient measure for the society is to support a shift from private car use to social car use through increasing car-sharing and ride-sharing (see Table below). Ride-sharing increases the energy efficiency of cars without any additional costs and car-sharing reduces the car fleet thus reducing the purchase costs and fixed costs of cars. Such transformation towards Mobility as a Service -thinking requires both technological innovations and changes to legislation and market regulation.

Measures affecting the development of urban form are also very cost efficient as costs are mostly only caused by dissemination of best practices. Developing walking and cycling infrastructure affecting the modal split may also be very cost efficient because of the related health benefits. Rail infrastructure projects dominate the development of public transport and while those are expensive, they also improve transport safety. Developing urban is closely related to infrastructure projects and the changes take time, so the political guidance must be persevering.

Technological measures induce costs to society because both reducing the energy consumption of cars and uptake of alternative fuels and vehicles require high investments. However, great emission reductions may be achieved through technological measures and the emission reduction targets can be achieved through only technological measures. This would require rapid uptake of alternative energy vehicles and the society would not receive the great benefits, such as health benefits, energy savings and fixed car cost savings, associated with measures affecting urban form, modal split and social car use.

In addition, the technological measures cause the external emissions from transport sector to energy production sector to almost double because of the alternative energy vehicles.

Purely economic measures have rather limited emission reduction potentials as such, but they can be seen as supportive measures which should be combined with other measures.

Costs and benefits of the recommended measure packages.

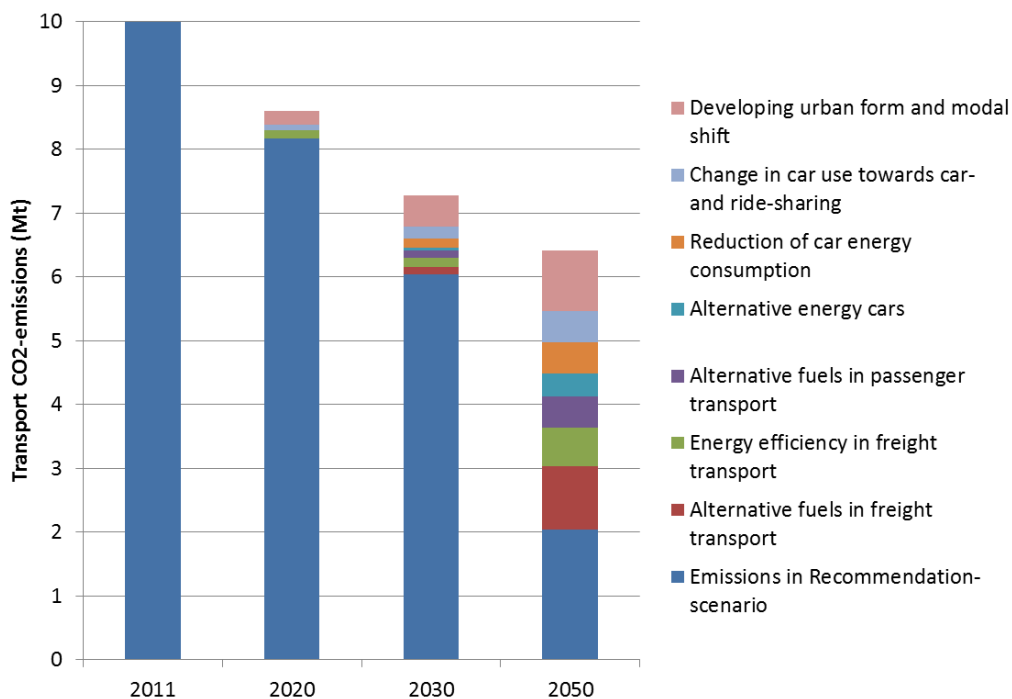
Measure package	Costs (billion €)	Specifications	Benefits (billion €)	Specifications	Emission reduction and unit costs
Urban form, walking, cycling and public transport	11.1	510 M€ annually to infrastructure projects, mobility management, increasing service level of public transport and uptake of alternative energy buses	14.3	3.9 billion € health benefits + 4.0 billion € reduction in new vehicle purchase costs + 3.9 billion € reduction in fixed costs of cars, approx. 1000 €/car/year + 2.5 billion € energy savings	18.6 Mt, -172 €/t
Car-sharing and ride-sharing	1.0	Systems required for car-sharing and ride-sharing, later automated cars, approx. 1000 €/car/year	9.3	4.0 billion € reduction in new vehicle purchase costs + 3.9 billion € reduction in fixed costs of cars, approx. 1000 €/car/year + 1.4 billion € energy savings	8.7 Mt, -954 €/t
Reducing car energy consumption	3.5	Increased purchase costs of energy efficient cars, cost increase from 0 € to 5000 € during 2022-2050	1.1	Energy savings	7.1 Mt, 338 €/t
Alternative energy cars	0.8	0.6 billion € increased purchase costs of plug-in hybrid, battery electric and hydrogen cars + 0.2 billion € investments in energy infrastructure			4.5 Mt, 178 €/t emission increase in energy sector because of biogas, electricity and hydrogen production: 3.6 Mt (BAU: 4.6 Mt)
Alternative fuels	0.4	Higher price of alternative fuels			7.1 Mt, 56 €/t emission increase in energy sector because of ethanol and renewable diesel production: 5.9 Mt (BAU: 5.7 Mt)
Energy efficiency of freight transport	2.5	Energy efficient trucks and vans	1.0	Energy savings	9.3 Mt, 161 €/t
Alternative energy and fuels in freight transport	1.9	0.6 mrd € higher price of alternative diesel + 1.3 mrd. € bio-LNG and infrastructure for marine freight transport			12.2 Mt, 156 €/t emission increase in energy sector because of renewable diesel production: 9.0 Mt (BAU: 4.2 Mt)
Total	21.2		24.7		68 Mt, -52 €/t

Effects of measures by 2020, 2030 and 2050

Current policy measures, such as the EU regulation of CO₂ emissions of new cars and Finnish biofuel regulations, are fixed until year 2020. Hence, the additional emission reduction through implementation of the recommended measure packages is rather limited compared to the BAU-scenario. In the BAU-scenario the emission decrease by 14% from current level and in the Recommendation-scenario by 18%. In 2020 the difference in CO₂ emissions is 0.4 Mt. The targets set in the Climate Policy Programme of the Ministry of Transport and Communications seem to be achieved also in the BAU-scenario, but achieving the long-term targets require the implementation of recommended measure packages even before year 2020. Especially the development of urban form and promoting walking, cycling and public transport is important in order to achieve the emission reduction path of the Recommendation-scenario.

In 2030 the CO₂ emissions are 1.2 Mt less in Recommendation-scenario than in BAU-scenario. Urban form development and modal shift are still the most effective measures, but achieving the emission targets requires the implementation of all the measure packages. Alternative energy measures are also very effective as they decrease the emissions of both passenger and freight transport. Changing car use also has a relatively large effect. The energy consumption of cars should continue to decrease also after the current EU-limits end in 2021.

In 2050 the importance of alternative energy as an effective emission reduction measure increases further. Alternative energy use in freight transport covers 23% and in passenger transport covers 20% of the required emission reduction from BAU-scenario to Recommendation-scenario. Urban form and modal shift cover 22%, freight transport energy efficiency 14% and reduction of energy consumption of cars and change in car use towards car- and ride-sharing both 11%. The emission reduction effects of the measure packages are shown in the Figure below. The entire height of the column is the emission level in BAU-scenario and the blue part of the column is the emission level in Recommendation-scenario (-40% by 2030 and -80% by 2050 compared to current level).



The emission reductions of recommended measure packages compared to the BAU-scenario (entire height of column).

Transport emissions in 2050

With the recommended measure packages the CO₂ emissions of transport decrease by 80% from current level. Compared to the BAU-scenario the emissions are 4.4 Mt smaller. Energy consumption of transport decreases by 41% compared to BAU-scenario in 2050. The shares of transport modes of total emissions also change significantly. Cars are currently responsible for 58% of emissions, but for only 23% in the Recommendation scenario. The share of buses increases from 2 to 9% as public transport increases and also the share of aviation increases, as the emission of aviation are forecasted to decrease only slightly. The share of freight transport is forecasted to grow from 31 to 50%.

Further research

The aim of this study was to explore the cost effectiveness of achieving the 80% emission decrease target by 2050. However, the target may be greater than this in transport sector because emission reductions may be even more difficult to achieve in other non-emissions trading sectors, for example in agriculture sector. Hence, there is a need to explore the measures, costs and benefits of even greater emission reduction in transport sector. The resources of this study did not enable the effects of individual measures, but the methodology developed in this study enable such analyses in the future. More detailed analysis should also include sensitivity analysis related to for example energy costs and the timing of measures.

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Politiikkasuositukset	4
Laajennettu tiivistelmä	5
Executive summary	9
1. Johdanto	14
1.1 Tausta.....	14
1.2 Tavoitteet.....	16
1.3 Menetelmät.....	17
2. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen nykytila	19
2.1 Henkilöliikenteen päästöjen muodostuminen Suomen tasolla	20
2.2 Henkilöliikenteen päästöjen muodostuminen alueellisesti	21
2.3 Tavaraliikenteen päästöjen muodostuminen.....	23
3. Business as usual -skenaario.....	25
3.1 Skenaariotyökalu	25
3.2 Hiilidioksidipäästöt business as usual –skenaariossa.....	25
3.3 Herkkyystarkasteluja	26
4. Liikenteen hiilidioksidipäästötavoitteiden saavuttaminen 2030 ja 2050	27
4.1 Ilmastopaneelin toimenpidesuosituksien.....	27
4.2 Toimenpiteiden ristivaikutuksia	32
4.3 Toimenpiteiden päätöksentekotasot ja aikajänteet	32
5. Toimenpiteiden vaikutukset 2020, 2030 ja 2050	34
5.1 Vaikutukset 2020	34
5.2 Vaikutukset 2030	35
5.3 Vaikutukset 2050	35
5.4 Toimenpidekokonaisuuksien osuudet päästövähennyksistä	35
6. Toimenpidekokonaisuuksien kustannustehokkuus	36
6.1 Laskennan oletukset	36
6.1 Suositus-skenaario	37
6.2 Teknologia-skenaario	41
6.3 Kustannustehokkuus eri aikaväleillä Suositus-skenaariossa	42
6.4 Kustannusten ja hyötyjen jakautuminen kotitalouksille, yrityksille ja julkiselle sektorille.....	43
7. Yhteenveto.....	44
Lähteet.....	49
Liitteet	54

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

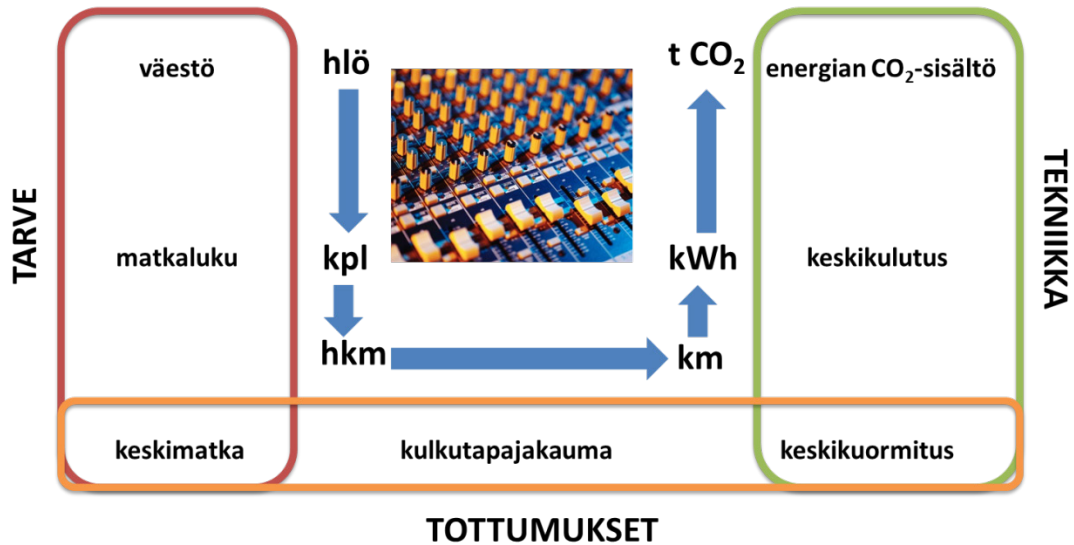
Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC 2014) mukaan liikenteen päästöt voivat ilman voimakkaita ja jatkuvia vähennystoimenpiteitä kasvaa globaalisti nopeammin kuin minkään muun sektorin. Myös Suomessa Liikennevirasto ennustaa henkilöautoliikenteen suoritteiden kasvavan merkittävästi vuoteen 2050 saakka ja ilman suoritteiden kasvuakin liikenteen päästöjen vähentäminen ei ole riittävän nopeaa ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. IPCC:n mukaan liikennetarpeen vähentäminen, kulkutapavalintojen muuttaminen, ajoneuvo- ja moottoritekniikan kehittäminen, vähähiiliset polttoaineet, infrastruktuuri-investoinnit ja muutokset yhdyskuntarakenteeseen mahdollistavat kuitenkin yhdessä merkittävät päästövähennykset. Näiden toimenpiteiden tukemiseksi tarvitaan voimakkaita ja toisiaan tukevia poliittisia päätöksiä sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä.

Liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2013 noin 12,0 Mt, mikä on noin 23 % Suomen kokonaispäästöistä (Tilastokeskus 2015a). Liikenteen osuus kokonaispäästöistä on kasvanut viime vuosina teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen pienentyessä. Liikenne on ei-päästökauppasektoreista suurin päästöjen aiheuttaja, muodostaen noin 40 % näistä päästöistä. Näin ollen liikenteen päästöjen kehitys määrittää pitkälti Suomen mahdollisuudet saavuttaa EU:n kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet. EU:n tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä (n. 7,1 Mt päästöt liikenteestä vuonna 2030). (LVM 2014.) Ei-päästökauppasektoreilla vähennystavoite on 30 % vuoden 2005 tasosta (n. 9,0 Mt päästöt liikenteestä vuonna 2030), mutta maakohtaisesta taakanjaosta ei ole vielä sovittu ja on oletettavaa, että Suomen osalta tavoite on lähempänä 40 prosenttia (n. 7,7 Mt päästöt liikenteestä vuonna 2030). Päästövähennysten lisäksi tavoitteena on energiatehokkuuden parantaminen 27 % ja uusiutuvien energiamuotojen osuuden kasvattaminen vähintään 27 prosenttiin EU:n energiankulutuksesta. (European Commission 2015a.)

Suomi on asettanut liikenteen päästövähennysten kansalliset tavoitteet liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittisessa ohjelmassa (ILPO) vuonna 2009 ja linjannut siihen liittyviä toimenpiteitä liikenteen ympäristöstrategiassa 2013–2020. ILPO:n mukaan liikenteen tavoite on enintään 11,2 Mt kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2020. Pitkällä aikavälillä liikenteen tavoite on 80 % päästövähennys vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä, mikä tarkoittaa enintään n. 2,6 Mt päästöjä vuonna 2050. Liikenteen kasvihuonekaasujen perusennusteen (ILARI baseline) mukaan päästöt pienenevät nykypolitiikalla noin 25 % vuoteen 2030 mennessä ja 35 % vuoteen 2050 mennessä, joten uusia toimenpiteitä tarvitaan tavoitteiden saavuttamiseksi. (LVM 2014.)

Julkisessa keskustelussa painottuu liikenteen päästöjen vähentäminen ajoneuvo- ja polttoainetekniikan keinoin. Liikenteen hiilidioksidipäästöt muodostuvat kuitenkin vaikuttavien tekijöiden ketjussa, josta on erotettavissa liikkumis- ja kuljetustarve, -tottumukset ja -tekniikka (Kuva 1).

Ilmastopaneeli

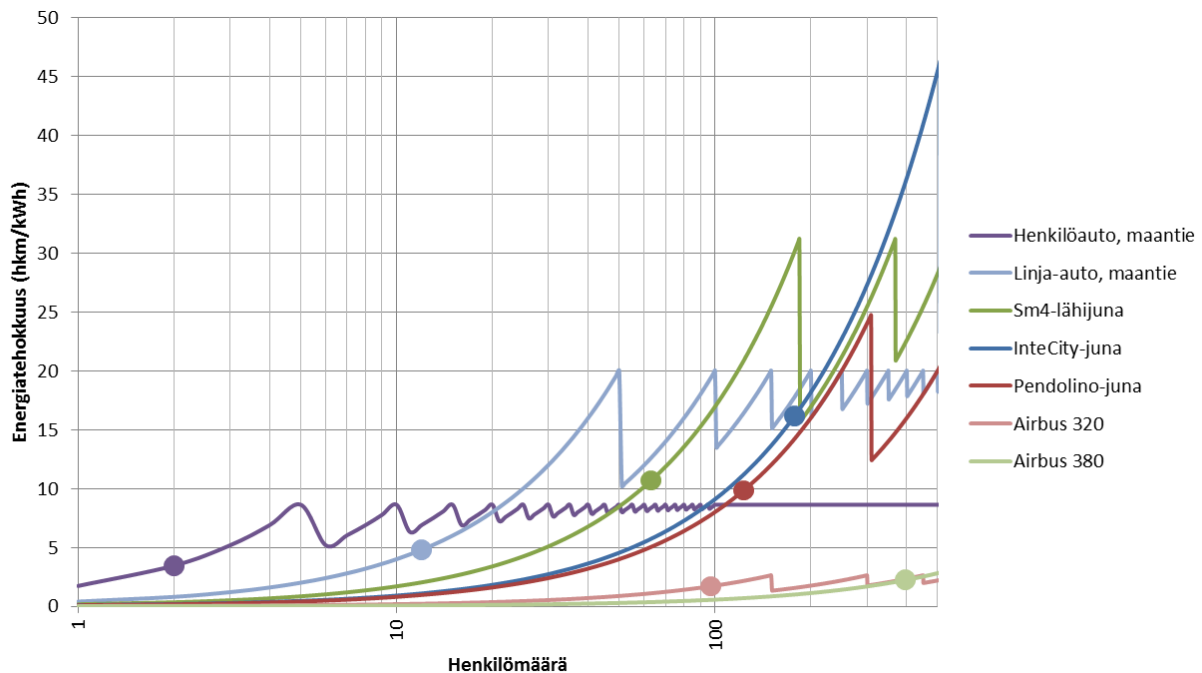


Kuva 1. Henkilöliikenteen CO₂-päästöjen muodostuminen ja vaikutusmahdollisuudet.

Vaikuttavat tekijät voidaan esittää kuvan 1 tapaan seitsemän indikaattorin avulla. Indikaattoreita voidaan ajatella liikusäätiminä, joiden arvoja voidaan muuttaa kannustavilla, ohjaavilla ja rajoittavilla poliittisilla päätöksillä. Vaikutusmahdollisuudet ovat kuitenkin erilaiset eri indikaattoreiden osalta. Suomen väkiluvun ennakoitaan kasvavan tämän selvityksen tarkastelujaksolla, eli vuoteen 2050 mennessä noin 700 000 henkilöllä nykyisestä (Tilastokeskus 2015b). Ihmisten liikennetarve on kansallisella tarkastelutasolla melko samanlainen kansainvälisesti ja historiallisesti. Ihmiset tekevät noin 3 matkaa päivässä (matkaluku) ja liikenteessä käytetty aika on noin 70 minuuttia päivässä (HLT 2010–11, Ahem et al. 2013, Mokhtarian & Chen 2004, Schafer & Victor 2000). Tämä "matka-aikabudjetti" toisaalta rajoittaa mahdollisuuksia vähentää liikenteen päästöjä matkamääriä vähentämällä, mutta toisaalta mahdollistaa päästöjen vähentämisen keskimatkaan ja kulkutapajakaumaan vaikuttamalla yhdyskuntarakennetta ja liikennejärjestelmää kehittämällä.

Kulkutapajakauma riippuu olennaisesti matkan pituudesta. Kävelyn kulkutapaosuus on 62 % alle kilometrin pituisilla matkoilla, mutta 23 % 1–3 kilometrin matkoilla. Pyöräilyn osuus taas on 15 % 1–3 km matkoilla, mutta puolet pienempi 3–5 km matkoilla. (HLT 2010–11.) Pyöräilyn osuus voi kuitenkin olla lyhyillä matkoilla huomattavasti suurempi ja myös pidemmillä matkoilla merkittävä, kuten Hollannin ja Tanskan esimerkit osoittavat (DTU 2015). Myös uusi teknologia, kuten sähköpyörät, voivat kasvattaa pyöräilyn kulkutapaosuutta pidemmillä matkoilla (Rintamäki et al. 2015). Joukkoliikenteen käyttö puolestaan riippuu olennaisesti sen nopeudesta suhteessa henkilöautoon. Matka-ajan ollessa sama yli 2/3 ihmisistä käyttää mieluummin joukkoliikennettä. Joukkoliikennematkan kestäessä 1,5-kertaisesti henkilöautoon verrattuna noin puolet valitsee joukkoliikenteen ja 2-kertaisella matka-ajalla vielä noin neljännes valitsee joukkoliikenteen. (TRAST 2004, Sandberg & Næss 1997.)

Energiatehokkuus koostuu kahdesta komponentista, kuormituksesta ja energiankulutuksesta. Liikenne, erityisesti yksityinen henkilöliikenne, on kuormituksen osalta erittäin tehotonta. Henkilöliikennetutkimuksen aineiston perusteella matkustajamäärä henkilöautoissa on keskimäärin 1,8 henkilöä seutukuntien sisäisessä liikenteessä ja 2,1 henkilöä seutukuntien välisessä liikenteessä. Myös joukkoliikenteessä käyttöaste on alhainen, keskimäärin noin 25 % paikoista on käytössä (Liikennevirasto 2015). Kuormituksen kasvaessa päästöt matkustajaa kohti vähenevät merkittävästi, koska saman matkustussuoritteet tuottamisesksi tarvitaan vähemmän ajoneuvokilometrejä. Kuva 2 esittää energiatehokkuuden ja matkustajamäärän välisen yhteyden.



Kuva 2. Energiatohokkuuden kehitys matkustajamäärän kasvaessa, kun käytetään minimimäärä kulkuneuvoja. Ympyrä kuvaa energiatohokkuuden tasoa nykyisellä keskiuormituksella. (Laskennan lähtötiedot: LIPASTO 2015)

Energiatohokkuutta voi parantaa myös energiankulutusta pienentämällä (kuvassa viiva siirtyisi ylöspäin). Energiankulutukseen vaikuttavat kulkuneuvon ilmanvastus (riippuu voimakkaasti nopeudesta), vierintävastus, massa ja moottorin hyötysuhde. Kaikkiin näihin voidaan vaikuttaa lukuisilla teknisillä keinoilla (ks. esim. AEA 2012), mutta teknologian mahdollisuuksia rajoittaa uusien ratkaisujen hinta ja kuluttajien mieltymykset. EU ohjaa teknologian kehitystä uusien henkilöautojen CO₂-päästörajoilla, joista viimeisin on 95 g/km vuodelle 2021 (European Commission 2015b).

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämisen viimeinen keino on pienentää liikenteessä käytetyn energian hiilidioksidisisältöä käyttämällä nykyisille fossiiliselle öljylle vaihtoehtoisia energiamuotoja. Päävaihtoehdot ovat nykyisiin polttomoottoreihin sopivan polttoaineen valmistaminen uusiutuvasta biomassasta tai jätteistä (biodiesel ja -etanoli), kaasujen käyttö polttomoottorissa (biometaani) tai sähkömoottorin käyttö (akkusähkö, vetypolttokeino ja sähkö-polttomoottorihybridit). Vaihtoehtoiset energiamuodot eivät välttämättä aina vähennä hiilidioksidipäästöjä fossiilisiin verrattuna, kun myös tuotannon päästöt otetaan huomioon (ks. esim. Kay et al. 2013). Kaasun ja sähkön käyttö vaatii myös uuden jakeluinfrastruktuurin rakentamisen.

1.2 Tavoitteet

Selvityksen tavoitteena on tuottaa poliittiseen päätöksentekoon selkeää tietoa liikkumis- ja kuljetustarpeeseen, -tottumuksiin ja -tekniikkaan vaikuttavista toimenpiteistä ja toimenpiteiden päästövähennyspotentiaalista ja taloudellisista vaikutuksista. Tarkoituksena on koota olemassa olevaa tietoa kokonaisuuden hahmottamiseksi. Selvityksen tutkimuskysymys on: **millä toimenpiteillä liikenteen päästötavoitteet voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti?** Tutkimuskysymyksen vastaus konkretisoituu selvityksessä tehtävissä skenaarioissa, joissa liikenteen kasvihuonekaasupäästöt alenevat vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä.

tavarankuljetustilasto 2013. Näistä on tutkimuksen käyttöön saatu data-aineisto, jossa jokainen aineistossa oleva matka on oma rivinsä. HLT käsittää lähes 50 000 matkan tiedot. Näistä noin 36 000 on tutkimuspäivän matkoja ja noin 14 000 pitkien, yli 100 km pituisten, matkojen tietoja tutkimuspäivää edeltäviltä 2 viikolta (henkilöautomatkat) tai kuukaudelta (muut kulkutavat). Yleensä tutkimuspäivän matkat ja pitkät matkat esitetään erikseen, mutta tässä tiedot on yhdistetty tarkastelun yksinkertaistamiseksi. Käytännössä tämä on tehty siten, että yhden tutkimuspäivän matkoista on jätetty huomioimatta yli 100 km matkat ja niiden osalta on käsitelty pitkien matkojen tietoja. Tieliikenteen tavarankuljetustilastossa on puolestaan lähes 12 000 matkan tiedot suomalaisten kuorma-autojen kotimaan ja ulkomaan kuljetuksista. Molempien tietolähteiden matkojen tiedot on laajennettu vastaamaan koko Suomen liikennettä vuoden ajalta laajennuskertoimia käyttäen.

Arviointikehikko lähtee liikkeelle liikenne- ja kuljetustarpeesta, joka näkyy henkilöliikenteessä matkojen lukumääränä ja tavaraliikenteessä kuljetettavan tavarantoiminnan määränä massalla mitattuna. Liikennetarpeeseen vaikuttavat ihmisten määrä ja matkaluku, jotka kytkeytyvät toisiinsa, sillä erilaiset demografiset tekijät (ikä, sukupuoli, tulotaso, jne.) vaikuttavat matkalukuun. Väestötietojen osalta tietolähteinä on käytetty Tilastokeskuksen väestötilastoa 2011 ja väestöennustetta. Vastaavasti kuljetustarve määrittyy kuljetuksia tarvitsevien toimialojen koosta ja rakenteesta eli toimialojen arvonlisäyksestä euroina ja kuljetettavan tavarantoiminnan arvotiheydestä €/t. Toimialojen arvonlisäyksen osalta tietolähteenä on Tilastokeskuksen aluetilinpidon tilasto vuodelta 2012 ja tulevaisuuden osalta VATT:n (2014) Low Carbon Finland Base -skenaarion ennusteisiin perustuvat arviot.

Henkilöliikenteen osalta kulkutapajakaumasta eri liikennemuotojen välillä sekä keskimatkasta kulkutavoittain saadaan tietoa suoraan henkilöliikennetutkimuksesta. HLT antaa myös tiedon henkilöautojen, mopojen ja moottoripyörien kuormituksesta. Tosin kyseessä on tieto seurueen koosta pääosalla matkaa, johon annettu arvo riippuu vastaajan tulkinnasta. Tavaraliikenteen osalta puolestaan tieto kuljetusmuotojakaumasta saadaan yhdistämällä tiedot kuljetusmuotokohtaisista tilastoista. Selvityksessä keskitytään tieliikenteeseen, koska se aiheuttaa valtaosan kotimaan liikenteen päästöistä (n. 90 %, LVM 2014) ja tavaraliikenteen osalta muiden kuljetusmuotojen tilastot eivät mahdollista tieliikenteen kanssa vastaavaa datan käsittelyä keskimatka- ja kuormatietojen puuttuessa.

Perusaineistot eivät sisällä tietoa matkojen energiankulutuksesta tai hiilidioksidipäästöistä. Tämän tiedon saamiseksi jokaiselle matkalle on laskettu energiankulutus ja päästömäärä VTT:n LIPASTO-päästötietokannasta (LIPASTO 2015) saaduilla yksikköpäästötiedoilla (kWh/km) ja energian keskimääräisillä päästötietotiedoilla (g CO₂/kWh)¹. Seutukuntien sisäisillä matkoilla kaupunkiliikenteen suurempi polttoaineenkulutus on otettu huomioon käyttämällä LIPASTOsta saatuja kaupunkiliikenteen yksikköpäästöjä pääkaupunkiseudulla, suurilla ja keskisuurilla kaupunkiseuduilla. Tavaraliikenteen osalta energiankulutusarvioissa on käytetty LIPASTO:n lisäksi ruotsalaisen Nätverket för Transporter och Miljön (NTM) yksikköpäästökertoimia (lisätietoja lähteestä Liimatainen et al. 2012).

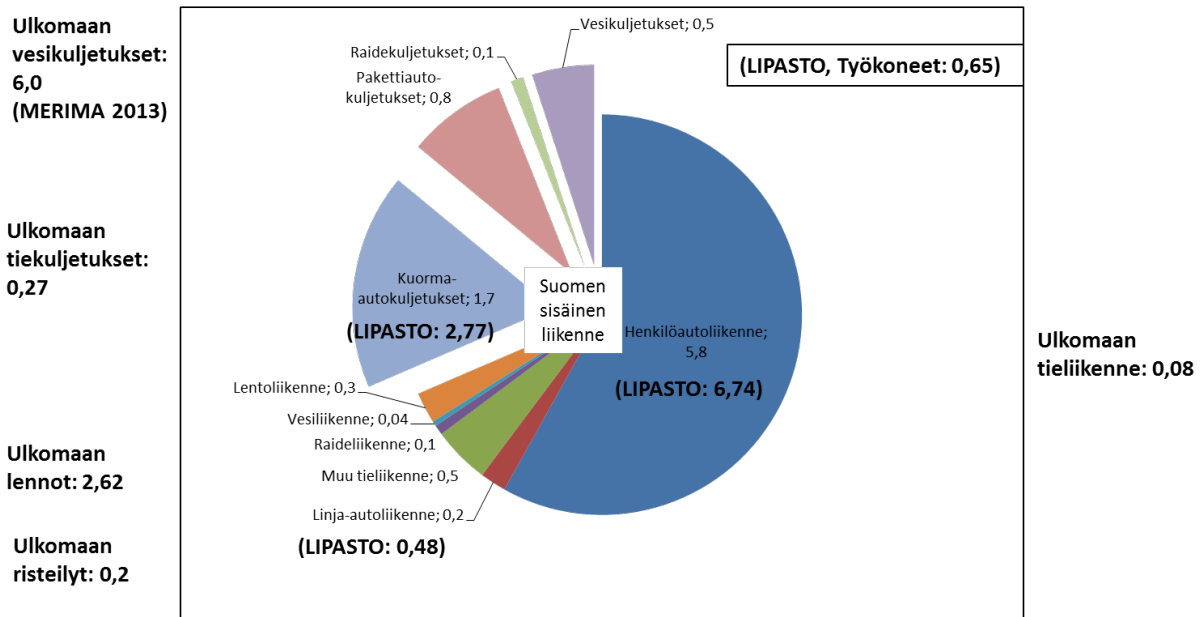
Indikaattoreihin vaikuttavia toimenpiteitä ja niiden vaikutuksia indikaattorin arvoon sekä taloudellisia vaikutuksia on selvitetty kirjallisuusselvityksellä kotimaisista ja kansainvälisistä tutkimusraporteista ja -artikkeleista. Yksittäinen toimenpide voi vaikuttaa usean indikaattorin arvoon. Toimenpiteiden vaikutukset indikaattoreiden arvoon ja taloudelliset vaikutukset pyritään esittämään lukuarvoina mahdollisimman kattavasti. Kaikkien toimenpiteiden osalta tutkittua tietoa vaikutuksista ei kuitenkaan ole saatavilla, ja näiltä osin käytetään tutkijoiden arviota. Taloudellisten vaikutusten arvioinnissa tarkastellaan yhteiskunnallisia kustannusvaikutuksia ottamatta kantaa siihen, onko maksaja yksilö, yritys vai julkinen sektori.

¹ LIPASTO-järjestelmää ollaan päivittämässä, uudet tiedot tulevat käyttöön syksyllä 2015. Tässä on käytetty vanhoja tietoja.

Päästöjen tulevan kehityksen tarkastelujen pohjaksi laaditaan olemassa oleviin ennusteisiin pohjautuva business as usual –skenaario. Tämän pohjalle edellisessä vaiheessa tunnistetuista toimenpiteistä valitaan vaikuttavimman ja kustannustehokkaimman kokonaisuuden muodostava yhdistelmä Ilmastopaneelin suositus -skenaarioon, jossa kasvihuonekaasupäästöt alenevat vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä ja 80 % vuoteen 2050 mennessä. Skenaarioita luotaessa otetaan huomioon myös toimenpiteiden ristivaikutukset mahdollisuuksien mukaan kirjallisten lähteiden tai asiantuntija-arvioiden perusteella. Päästövähennykset saavuttavan skenaarion pohjalta tehdään vaikutus- ja kustannustarkasteluja, joissa arvioidaan kuinka eri toimenpidekokonaisuudet vaikuttavat tavoitteen saavuttamiseen. Vertailukohtaksi esitetään myös skenaario, jossa päästövähennystavoitteet saavutetaan pelkästään teknologisilla toimenpiteillä.

2. LIIKENTEEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN NYKYTILA

Edellä kuvatulla laskentamenetelmällä Suomen sisäisen liikenteen hiilidioksidipäästöjen kokonaismääräksi saadaan noin 10 Mt, josta tieliikenteen osuus on 90 % ja henkilöautojen osuus yksinään 58 % (Kuva 4). Näin ollen tulevaisuuden skenaarioissa tällä laskentamenetelmällä tavoitetasot ovat 6,0 Mt vuonna 2030 ja 2,0 Mt vuonna 2050. Suomeen liittyvän ulkomaan liikenteen päästöt ovat lisäksi noin 9,2 Mt, josta 6 Mt on Suomen satamiin liittyviä merikuljetuksia, 0,27 Mt suomalaisilla kuorma-autoilla tehtyjä ulkomaan tiekuljetuksia ja 2,9 Mt suomalaisten tekemien ulkomaanmatkojen päästöjä, pääosin lentomatkoja.



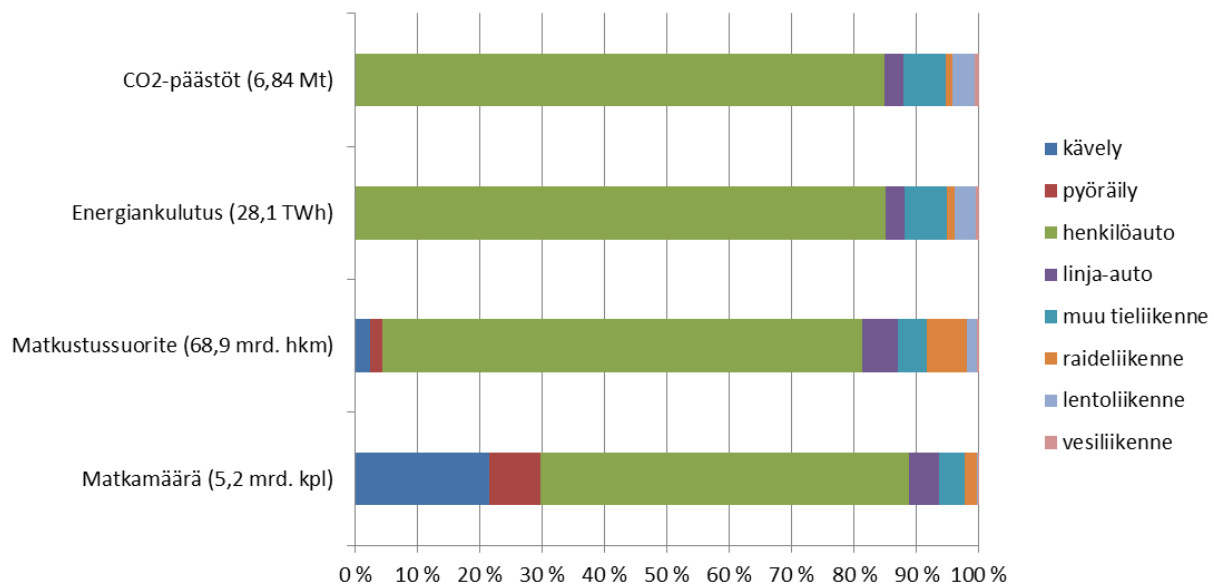
Kuva 4. Liikenteen hiilidioksidipäästöt selvityksen laskentamallin mukaan (yksikkö Mt)

Selvityksessä käytetyllä menetelmällä saatu Suomen sisäisen liikenteen päästömäärä on noin 19 % pienempi kuin virallisissa tilastoissa oleva 12,4 Mt vuodelle 2011 (Tilastokeskus 2015a). Virallisen tilaston pohjana käytetyn LIPASTO:n ilmoittamat päästömäärät on kuvassa esitetty sulkeissa niiltä osin, kuin merkittäviä eroja on. Merkittävät erot henkilö-, kuorma-autojen päästöjen välillä johtuvat siitä, että LIPASTO:ssa päästölaskennan pohjana käytetään Liikenneviraston tietilastoa. Tietilastossa henkilö- ja kuorma-autojen liikennesuorite on selvästi henkilöliikennetutkimusta ja tieliikenteen tavarankuljetustilastoa suurempi, koska tilaston pohjana oleva tutkimusmenetelmä on erilainen. Tietilasto perustuu liikennelaskentoihin, kun taas tässä käytetyt tietolähteet perustuvat henkilöiden antamiin arvioihin matkojen pituuksista. Tietilastossa ovat mukana myös ulkomaiset ajoneuvot, toisin kuin tässä.

Esimerkiksi vuonna 2013 tietilastossa kuorma-autojen liikennesuorite 3,2 mrd. km (Tietilasto 2013), mutta tieliikenteen tavarankuljetustilastossa vain 1,9 mrd. km (Tilastokeskus 2015c). Tästä tarkastelusta puuttuvat myös työkoneet, jotka virallisissa tilastoissa ovat mukana. Absoluuttisten lukujen vastaavuutta tärkeämpänä on kuitenkin selvityksessä pidetty tässä käytetyn menetelmän hyötyjä yksityiskohtaisen tiedon tuottamisessa. Tulevaisuuden kehitystä arvioitaessa suhteellinen muutos on tarkkoja lukuarvoja oleellisempää.

2.1 Henkilöliikenteen päästöjen muodostuminen Suomen tasolla

Suomalaiset tekevät vuosittain yhteensä noin 5,2 miljardia Suomen sisäistä matkaa, eli 1031 matkaa asukasta kohti. Matkoista 21 % tehdään kävellen, 8 % pyörällä, 59 % henkilöautolla, 5 % linja-autolla, 4 % muulla tieliikenteen ajoneuvolla (pakettiauto, mopo, moottoripyörä), 2 % raideliikenteessä (raitiovaunu, metro, juna), 0,2 % lentokoneella ja 0,1 % laivalla tai lautalla (Kuva 5).



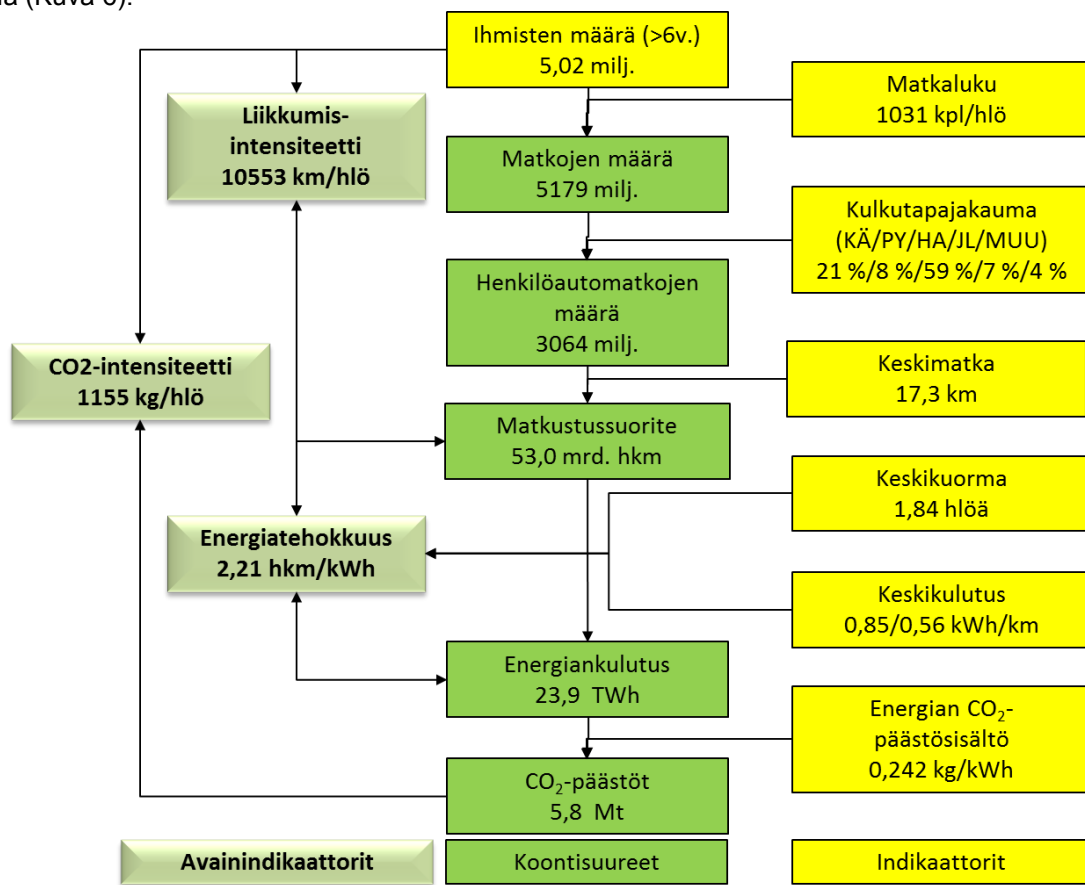
Kuva 5. Kulkutapojen osuudet matkoista, matkustussuoritteesta, energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä Suomen sisäisessä liikenteessä.

Kulkutapojen osuudet matkustussuoritteesta ovat hyvin erilaiset kuin matkamääräosuudet. Tämä johtuu luonnollisesti keskimatkojen eroista eri kulkutavoilla. Kävelymatka on keskimäärin 1,5 kilometrin pituinen, pyörämatka noin 3 km, automatka noin 15 km, raideliikennematka noin 40 km ja lentomatka noin 150 km. Näin ollen raideliikenteen ja lentoliikenteen osuudet ovat merkittävästi matkamääräosuuksia suuremmat.

Suomen sisäisen liikenteen energiankulutus on 28,1 TWh eli noin 100 PJ. Energiämäärä on noin kolmannes Suomessa öljyllä tuotetusta energiasta tai samaa luokkaa maakaasulla tuotetun energiämäärän kanssa (Motiva 2015). Kävelyn ja pyöräilyn energia tuotetaan lihasvoimin, joten 4,4 % matkustussuoritteesta ja 30 % matkoista tehdään ilman energiankulutusta tai CO₂-päästöjä. Muiden kulkutapojen osalta energiatehokkuuden erot selittävät suhteellisten osuuksien muutokset matkustussuoritteesta ja energiankulutuksesta välillä. Henkilöauton energiatehokkuus on keskimäärin 2,2 hkm/kWh, linja-auton 4,7 hkm/kWh, raideliikenteen 13,9 hkm/kWh ja lentokoneen 1,2 hkm/kWh. Niinpä raideliikenteen ja linja-automatkojen osuus energiankulutuksesta on selvästi suoriteosuutta pienempi, kun taas lentoliikenteen osuus on suurempi.

Suomen sisäisen liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat henkilöliikennetutkimuksen 2010–11 aineistolla laskettuna 6,84 Mt. Päästö määrä on 1362 kg henkilöä kohti. Päästöistä 85 % tulee henkilöautomaatoista, 7 % muista yksityisistä tieliikennematoista, 4 % lentomatoista, 3 % linja-automatoista, 1 % raideliikennematoista ja 0,6 % vesiliikennematoista. Kulutusapojen osuudet CO₂-päästöistä ovat hyvin samanlaiset energiankulutusosuuksien kanssa, eli energian CO₂-sisältö on hyvin samanlainen eri liikennemuodoissa, koska kaikissa käytetään pääosin fossiilisia polttoaineita. Henkilöraide liikenne on pääosin sähkövetoista, ja tässä on käytetty energian CO₂-sisältönä Suomen sähköntuotannon keskimääräistä CO₂-sisältöä, jolla päästöksi tulee n. 0,24 kg/kWh (LIPASTO 2015). VR tosin ilmoittaa käyttävänsä päästötöntä vesivoimaa (VR Group 2015).

Edellä esitetty selvityksen arviointikehikko voidaan täydentää Suomen sisäisten henkilöautomatojen tiedoilla (Kuva 6).

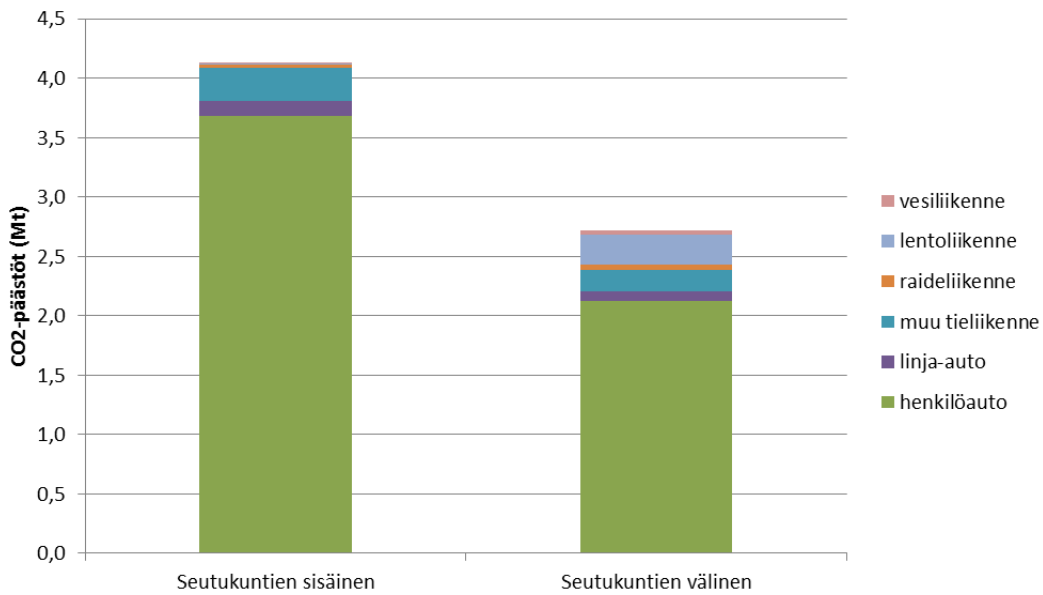


Kuva 6. Arviointikehikko kotimaan henkilöautoliikenteen tiedoilla täydennettynä. (Keskikulutus kaupunkiajossa/maantieajossa)

2.2 Henkilöliikenteen päästöjen muodostuminen alueellisesti

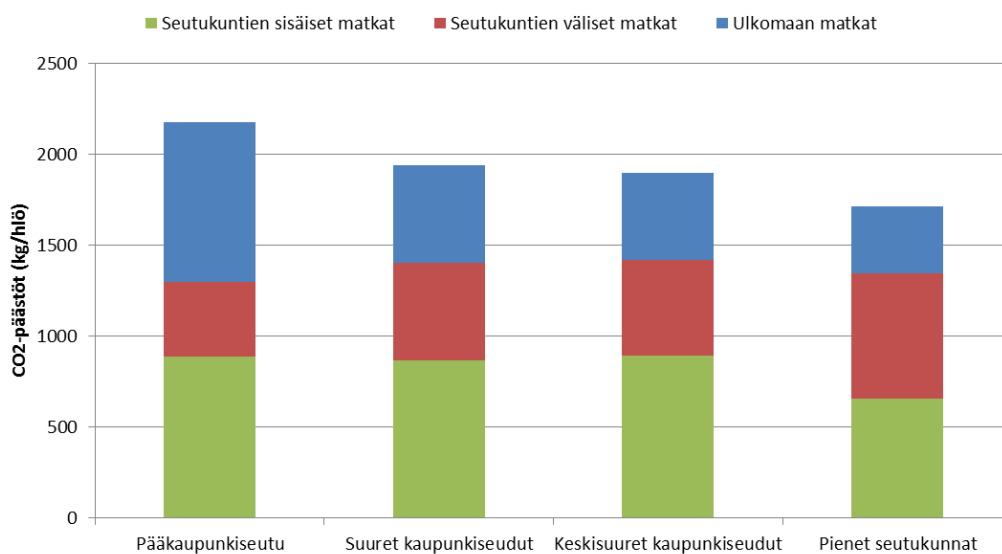
Suomen sisäisen henkilöliikenteen päästöistä 60 % (4,1 Mt) tulee seutukuntien sisäisestä arkiliikenteestä ja 40 % (2,7 Mt) seutukuntien välisestä liikenteestä (Kuva 7). Seutukuntien sisäisen liikenteen päästöistä 89 % tulee henkilöautoista. Seutukuntien välisessä liikenteessä henkilöauton osuus on 78 %, kun lentoliikenne aiheuttaa 9 % päästöistä.

Ilmastopaneeli



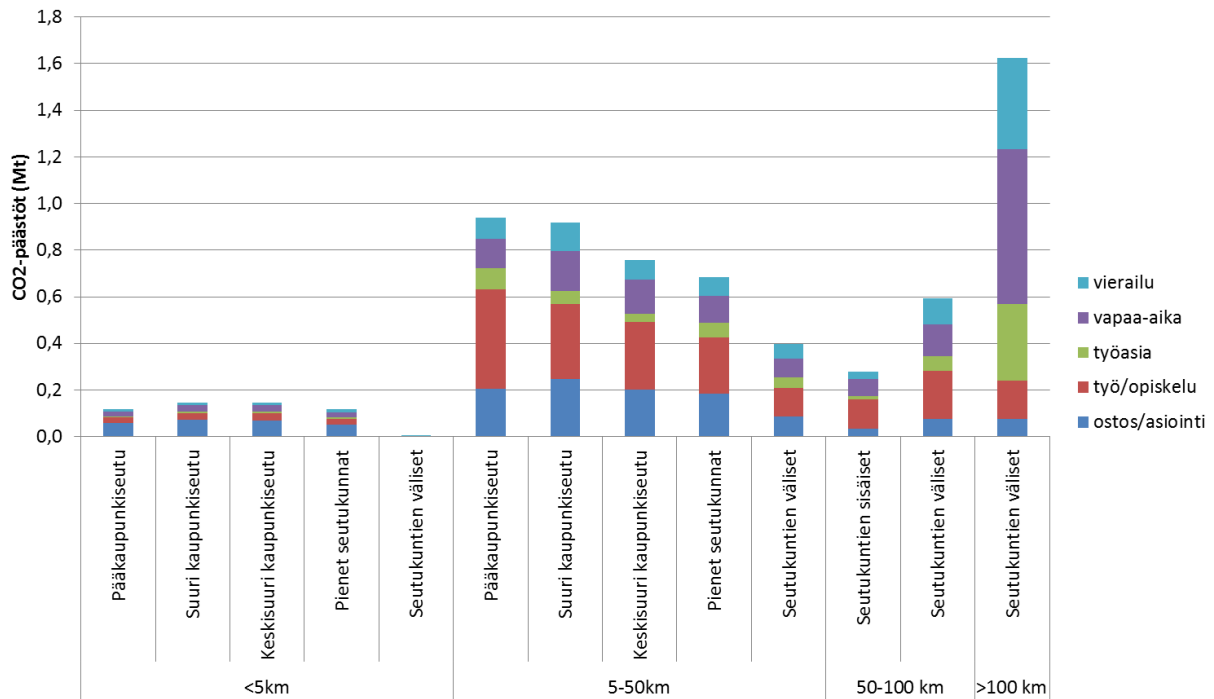
Kuva 7. Suomen henkilöliikenteen CO₂-päästöjen jakautuminen seutukuntien sisäiseen ja väliseen liikenteeseen kulkutavoittain.

Suomen sisäisen henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat melko samanlaiset Suomen eri alueilla (Kuva 8). Päästötaso on 1300–1400 kg/henkilö kaikilla aluetyypeillä. Pääkaupunkiseudulla 68 % päästöistä syntyy seutukunnan sisäisestä liikenteestä. Pienillä seutukunnilla puolestaan päästöt jakautuvat lähes tasan seutukunnan sisäisten ja välisten matkojen kesken. Erot johtuvat toisaalta seutukuntien maantieteellisestä koosta, toisaalta palveluiden ja työpaikkojen keskittymisestä suurempiin keskuksiin, joka pienillä seutukunnilla lisää seutukuntien välistä liikennettä. Ulkomaan liikenteen päästöissä on sen sijaan merkittävä ero eri alueilla asuvien ihmisten välillä. Pääkaupunkiseudulla asuvien ulkomaanmatkojen päästöt ovat yli kaksinkertaiset pienillä seutukunnilla asuviin verrattuna. Ero on suoraa seurausta matkamäärästä, pääkaupunkiseudulla asuvat tekevät 3,4 ulkomaanmatkaa vuodessa, pienillä seutukunnilla asuvat 1,7 matkaa. Osa erosta selittyy työasiointimatkoilla, joiden osuus ulkomaanmatkojen päästöistä on pääkaupunkiseudulla 25 %, mutta pienillä seutukunnilla 11 %.



Kuva 8. Henkilöliikenteen CO₂-päästöt henkilöä kohti ja jakautuminen aluetyypeittäin.

Matkojen tarkoituksella ja pituudella on merkittävä vaikutus siihen, millaisilla toimenpiteillä matkojen päästöjä voidaan vähentää. Pääosa (60 % matkoista) suomalaisten liikkumisesta muodostuu alle 5 kilometrin mittaisista matkoista. Näiden osuus hiilidioksidipäästöistä on kuitenkin vain noin 8 % (Kuva 9). Lyhyillä etäisyyksillä kävely ja pyöräily ovat todellisia vaihtoehtoja henkilöauton käytölle. Kävelyä ja pyöräilyä käytetään lähes puoleen lyhyistä matkoista, mutta osuus vaihtelee kaupunkiseuduittain. Pääkaupunkiseudulla kävelyn osuus on yli 40 %, ja pyöräilyn ja joukkoliikenteen osuudet noin 9 %. Keskisuurilla kaupunkiseuduilla puolestaan kävelyn osuus on vain 30 %, pyöräilyn osuus 15 % ja joukkoliikennettä käytetään tuskin lainkaan.



Kuva 9. Suomen henkilöliikenteen CO₂-päästöjen jakauma matkan tarkoituksen ja pituusluokan mukaan.

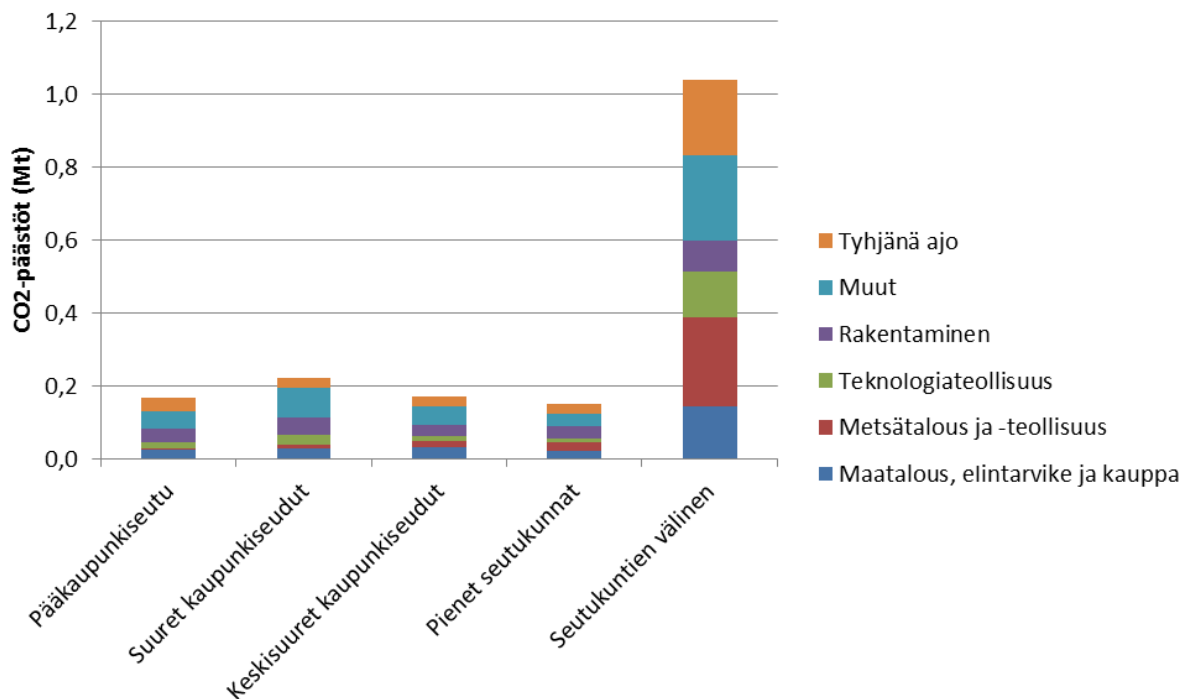
Kaupunkiseuduilla tehdyt 5–50 kilometrin pituiset matkat muodostavat 35 % matkoista ja 49 % päästöistä. Näillä matkoilla suurimman osuuden päästöistä aiheuttaa työ- ja opiskeluliikenne, joka on luonteeltaan aikatauluun sidottua. Tätä liikkumista tukemaan on helpointa rakentaa joukkoliikennettä ja siten vähentää päästöjä. Nyt joukkoliikenteen kulkutapaosuus työ- ja opiskeluliikenteestä on noin viidennes. Autotekniikan kehittämisellä on hyvät mahdollisuudet vähentää alle 50 kilometrin pituisten matkojen päästöjä. Yli 90 % autolla liikkumisesta tehdään juuri näillä matkoilla ja niistä aiheutuu kaksi kolmasosaa päästöistä. Sähköautot sopivat hyvin näille matkoille ja ladattavilla hybridi-autoilla voidaan ajaa sähköllä merkittävä osa matkoista ja vähentää näin päästöjä. Yli 50 kilometrin matkoilla kotimaassa päästöjä voidaan vähentää kehittämällä kimppakyytejä ja joukkoliikennettä yksityisauton käytön vaihtoehdoksi ja käyttämällä energiankulutukseltaan alhaisia autoja ja uusiutuvia polttoaineita päästöjen vähentämiseksi.

2.3 Tavaraliikenteen päästöjen muodostuminen

Suomen sisäisen kuorma-autoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 1,74 Mt vuonna 2013. Tämä Tilastokeskuksen tieliikenteen tavarankuljetustilaston perusteella laskettu päästömäärä on 37 % (n. 1 Mt) pienempi kuin LIPASTOssa esitetty kuorma-autoliikenteen päästömäärä. Ero johtuu pääosin edellä kuvatusta erosta liikennesuoritteessa Liikenneviraston tietilaston ja tieliikenteen tavarankuljetustilaston välillä. Kuorma-autoliikenteen päästöjen lisäksi tavaraliikenne pakettiautoilla aiheuttaa merkittävät

päästöt (n. 0,8 Mt). Pakettiautokuljetusten päästömäärä on tässä arvioitu vähentämällä LIPASTOssa annetusta pakettiautoliikenteen kokonaispäästöstä (1,1 Mt) henkilöliikennetutkimuksen perusteella laskettu henkilöliikenteen päästömäärä pakettiautoilla (0,3 Mt). Näin laskettuna ja LIPASTO:n liikennesuoritteeseen suhteutettuna pakettiautokuljetusten yksikköpäästökseen tulee 330 g/km, joka on noin 15-25 % liian suuri, kun lukua verrataan LIPASTO:n yksikköpäästötietoihin. Tarkastelun yksinkertaistamiseksi käytetään kuitenkin tätä lukua. Kotimaan vesikuljetusten päästöt ovat noin 0,5 Mt ja raidekuljetusten n. 0,13 Mt (LVM 2014, LIPASTO 2015). Yhteensä tavaraliikenteen päästöt ovat siis noin 3,2 Mt eli noin kolmannes Suomen sisäisen liikenteen kokonaispäästöistä.

Kuorma-autoliikenteen päästöt ovat viime vuosina olleet selvästi 2000-luvun keskiarvon alapuolella, koska kuljetusmäärät ja liikennesuoritteet ovat olleet taloudellisen taantuman vuoksi alhaisia. Kuorma-autoliikenteen päästöistä 60 % tulee seutukuntien välisestä liikenteestä (Kuva 10). Seutukuntien sisäisessä liikenteessä suurten kaupunkisetujen päästöt ovat hieman muita alueita suuremmat.



Kuva 10. Kuorma-autoliikenteen päästöt aluettain ja toimialoittain 2013.

Toimialoittain tarkasteltuna noin 26 % päästöistä tulee ryhmästä Muut, joka sisältää mm. polttoaineiden, kemikaalien, jätteiden, postin ja yhtäaikaaisesti kuljetettavien erityyppisten tavaroiden kuljetukset. Tyhjänä ajo on tarkasteltu erikseen ja se muodostaa 26 % liikennesuoritteesta ja 19 % päästöistä. Mikäli tyhjänä ajo jyvitetäisiin toimialoille, erityisesti metsäteollisuuden ja rakentamisen osuudet päästöistä kasvaisivat puu- ja maa-ainekuljetusten suuren tyhjänä ajon osuuden vuoksi. Tyhjänä ajon osuus päästöistä on erityisen suuri (24 %) pääkaupunkiseudulla, kun taas suurilla kaupunkiseuduilla tyhjänä ajon osuus päästöistä on pieni (12 %). Toimialan Muut osuus päästöistä on suurin kaikilla alueilla ja rakentamisen osuus on toiseksi suurin keskisuuria kaupunkiseutuja lukuun ottamatta. Keskisuurilla kaupunkiseuduilla maatalouden, elintarviketeollisuuden ja kaupan osuus päästöistä on toiseksi suurin.

3. BUSINESS AS USUAL -SKENAARIO

3.1 Skenaariotyökalu

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen tulevan kehityksen ennakkointiin kehitettiin skenaariotyökalu. Työkalu on Excel-malli, joka yhdistää väestön ja yhdyskuntarakenteen ennakkoinnilla tuotettavan henkilöliikennesuoritearvion VTT:n ja Liikenteen tutkimuskeskus Vernen tekemään henkilöautoliikenteen päästömalliin, joka perustuu autokannan muutoksiin (ns. ALIISA-malli). Skenaariotyökalu tuottaa kokonaisskenaariot vuosille 2030 ja 2050. Henkilöautojen päästöjen kehitykselle saadaan tiedot autokannasta, suoritteista, energiankulutuksesta ja päästöistä myös näiden vuosien välillä.

Skenaariotyökalussa ennakoidaan kulkutapajakaumaa ja matkojen keskipituutta kulkutavoittain edellä (luku 1.3) kuvatun aluejaon mukaisesti pääkaupunkiseudulla, suurilla kaupunkiseuduilla, keskisuurilla kaupunkiseuduilla ja pienillä seutukunnilla sekä seutukuntien välisessä liikenteessä. Myös ulkomaan liikenteen ennakkointi on mahdollista. Näiden ennusteiden pohjalta tuotetaan matkamäärä- ja henkilöliikennesuorite-ennusteet (hkm) kulkutavoittain.

Seuraavassa vaiheessa ennakoidaan henkilöautoille uusien henkilöautojen rekisteröintimäärä, keskimääräinen käyttöikä, käyttövoimajakauma ja energiankulutuksen vuosimuutos vuosina 2030 ja 2050. Muutokset näiden vuosien välillä oletetaan lineaarisiksi. Henkilöautoista voidaan myös ennakoida keskikuormituksen (henkilöä/henkilöautomatka) muutos vuoteen 2011 nähden. Biopolttoaineiden osalta ennakoidaan niiden osuutta bensiinin ja dieselin energiasisällöstä.

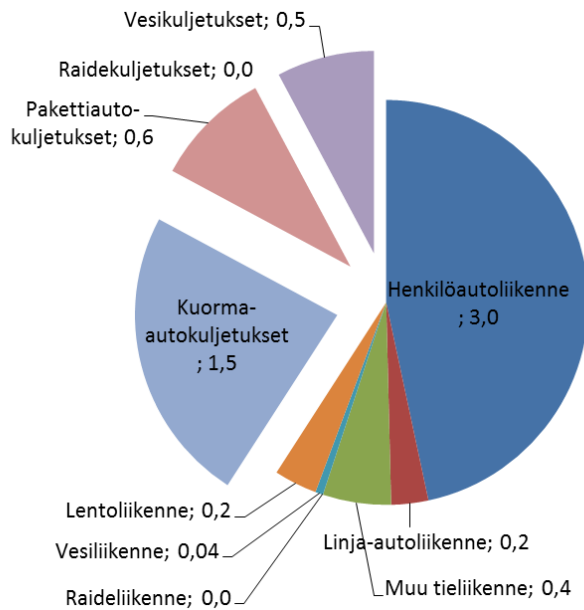
Muiden kulkutapojen osalta ennakoidaan energiatehokkuuden muutosta vuoteen 2011 verrattuna. Lisäksi ennakoidaan energian hiilidioksidisisältö (kg/kWh) raide-, lento- ja vesiliikenteessä. Linja-autojen ja muun tieliikenteen (lähinnä pakettiautot ja moottoripyörät) osalta käytetään dieselille ja bensiinille ennakoituja energian CO₂-sisältöjä.

Kuorma-autokuljetusten päästöjen ennakkointiin kehitettiin myös Excel-malli, jossa voidaan ennakoida kuljetuksia tarvitsevien toimialojen arvonlisäystä (€) ja toimialoittain arvotihyyttä (€/t), keskimatkaa (km), keskikuormaa (t), keskikulutusta (kWh/km) ja energian CO₂-sisältöä (kg/kWh). Lisäksi ennakoidaan erikseen tyhjänä ajon osuutta kokonaisliikennesuoritteesta. Pakettiautokuljetusten osalta ennakoidaan energiankulutuksen ja energian CO₂-sisällön muutosta. Vesikuljetusten osalta ennakoidaan energian CO₂-sisällön muutosta.

3.2 Hiilidioksidipäästöt business as usual –skenaariossa

Liitteessä 1 esitellään Ilmastopaneelin perusskenaariossa (business as usual, BAU) käytetyt skenaariotyökalun muuttujien arvot. Näiden arvojen pohjalta lasketut päästöt esitetään seuraavassa. Tulevaisuuden ennakkointiin liittyy aina epävarmuuksia, eivätkä liitteessä esitetyt arvot ole ainoita mahdollisia eivätkä välttämättä edes todennäköisimpiä. Arvoja muuttamalla hiilidioksidipäästöt voivat muuttua merkittävästikin. Joihinkin epävarmuuksiin liittyviä herkkyytstarkasteluja on käsitelty luvussa 3.3.

Suomen liikenteen hiilidioksidipäästöt olisivat liitteessä 1 kuvatun kehityksen myötä 7,3 Mt vuonna 2030 ja 6,4 Mt vuonna 2050. Tämä tarkoittaa 27 % päästövähennystä vuonna 2030 ja 36 % päästövähennystä vuonna 2050 vuoteen 2011 verrattuna. Päästövähennykset olisivat siis hyvin samanlaiset kuin ILARI-baselinekehityksessä. Henkilöliikenteen päästöt olisivat 4,6 Mt (-33 %) vuonna 2030 ja 3,8 Mt (-45 %) vuonna 2050. Tavarankuljetuksen päästöt vastaavasti 2,7 Mt (-13 %) ja 2,6 Mt (-17 %). Tavarankuljetusten osuus päästöistä siis hieman kasvaisi nykyisestä, koska päästöt vähenevät hitaammin kuin henkilöliikenteessä (Kuva 11).



Kuva 11. Kotimaan liikenteen hiilidioksidipäästöt (yhteensä 6,4 Mt) BAU-skenaariossa vuonna 2050.

BAU-skenaariossa liikenteen hiilidioksidipäästöt pienenevät henkilöliikenteen ja kuljetussuoritteiden kasvusta huolimatta. Henkilöliikennesuoritteet kasvavat 8 % vuoteen 2030 ja 12 % vuoteen 2050. Kasvu johtuu väestönkasvusta, sillä henkilöä kohti laskettu suorite pienenee noin 1 %. Kuorma-autokuljetussuorite puolestaan kasvaa 22 % vuoteen 2030 ja 41 % vuoteen 2050. Liikenne- ja kuljetustarpeen kasvaessa energiatehokkuuden lisääminen ja energian hiilidioksidisisällön pienentäminen ovat keinoja päästöjen vähentämiseksi. BAU-skenaariossa liikennetottumukset muuttuvat hieman väestön keskittyessä suuremmille kaupunkiseuduille ja henkilöautoilun kulkutapaosuus pienenee. Muutos on kuitenkin pieni ja käytännössä päästövähennykset saavutetaan henkilöautojen energiankulutuksen laskun ja biopolttoaineiden lisääntyvän käytön seurauksena.

Vaihtoehtoiset käyttövoimat on laskettu tässä maakaasua lukuun ottamatta liikenteen osalta päästöttömiksi, mutta niiden elinkaaren aikaiset päästöt kasvattavat hiilidioksidipäästöjä muilla sektoreilla. BAU-skenaarion mukaisilla biopolttoaineiden ja vaihtoehtoisten käyttövoimien osuuksilla uusista henkilöautoista nämä muille sektoreille kohdistuvat päästöt ovat noin 0,3 Mt vuonna 2030 ja 0,4 Mt vuonna 2050.

BAU-skenaarion mukaisella kehityksellä liikenteen päästöt eivät pienene tarpeeksi päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Vuoden 2030 tavoitteen saavuttamiseksi päästöjen pitäisi olla 1,3 Mt pienemmät ja vuoden 2050 tavoitteen saavuttamiseksi 4,4 Mt pienemmät kuin BAU-skenaariossa. Vuonna 2050 pelkästään tavarankuljetusten päästöt (2,6 Mt) ovat BAU-skenaariossa suuremmat kuin tavoitteen mukaiset päästöt (2,0 Mt) koko liikennesektorille. Tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan siis merkittäviä ja määrätietoisia päästöjen vähennystoimenpiteitä.

3.3 Herkkyystarkasteluja

Liikenneviraston ennusteen mukainen suoritteiden kasvu

BAU-skenaarion mukaiset arviot henkilöliikennesuoritteiden kasvusta ovat erityisesti henkilöauto- ja raideliikenteen osalta erittäin maltilliset verrattuna Liikenneviraston (2014) ennusteeseen (Taulukko 1).

Taulukko 1. Henkilöliikennesuoritteiden kasvuennusteet BAU-skenaariossa ja Liikenneviraston valtakunnallisessa tieliikenneennusteessa (Liikennevirasto 2014).

Kasvu vuodesta 2011 (%)	2030		2050	
	BAU	Liikennevirasto	BAU	Liikennevirasto
Henkilöautoliikenne	7 %	26 %	11 %	36 %
Linja-autoliikenne	11 %	8 %	17 %	12 %
Raideliikenne	12 %	34 %	19 %	67 %
Lentoliikenne	9 %	6 %	14 %	11 %

Mikäli suoritteiden suhteellinen kasvu olisi Liikenneviraston ennusteen mukaista, henkilöliikenteen päästöt olisivat BAU-skenaarioon verrattuna 0,5 Mt suuremmat vuonna 2030 ja 0,6 Mt suuremmat vuonna 2050. Henkilöautojen suoritteiden kasvu on Liikenneviraston ennusteessa niin suuri, että henkilöautokannan pitäisi kasvaa noin 700 000 autolla, 3,2 miljoonaan autoon vuonna 2030 ja edelleen 3,5 miljoonaan autoon vuonna 2050, jotta suorite autoa kohti pysyisi nykyisellä tasolla. Näin suuri autokannan kasvu edellyttäisi vuosittaisten ensirekisteröintien määrän kasvua 185 000 autoon vuonna 2030.

Henkilöautojen energiankulutuksen hitaampi pieneneminen

BAU-skenaariossa oletetaan, että uusien henkilöautojen energiankulutus laskee EU:n tavoitteen mukaisesti tasolle 95 g/km vuoteen 2021 mennessä. Tämä edellyttää noin 3,6 % vuotuista laskua uusien autojen energiankulutuksessa. EU-normin mukaiseen kulutukseen liittyy kuitenkin suuria epävarmuuksia, koska henkilöautojen todellisen kulutuksen on havaittu olevan 15–30 % suurempi kuin virallinen testikulutus (ICCT 2013). Mikäli uusien henkilöautojen todellinen kulutus saavuttaa tason 95 g/km vasta vuonna 2030 vuoden 2021 sijaan ja todellinen kulutus on 114 g/km vuonna 2021 (20 % suurempi kuin testikulutus), henkilöliikenteen päästöt ovat 0,4 Mt BAU-skenaariota suuremmat vuonna 2030.

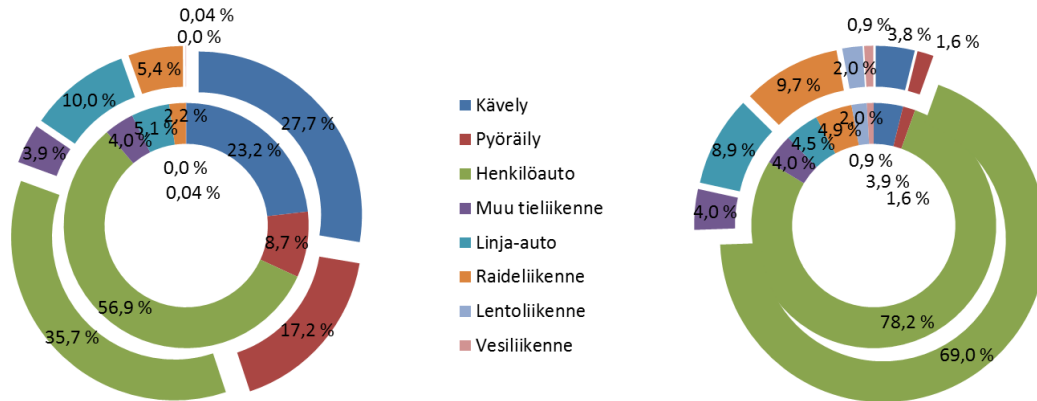
4. LIIKENTEEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖTAVOITTEIDEN SAAVUTTAMINEN 2030 JA 2050

4.1 Ilmastopaneelin toimenpidesuosituksat

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen 40 % vuoteen 2030 (päästöt 6 Mt) ja 80 % vuoteen 2050 (päästöt 2 Mt) mennessä nykytasosta edellyttää toimenpiteitä, jotka vaikuttavat niin liikennetarpeeseen, tottumuksiin, tekniikkaan kuin talousohjaukseenkin. Päästöjen vähennystarve on niin suuri, erityisesti vuonna 2050, että minkään osa-alueen kehittäminen ei yksinään riitä tai ole taloudellisesti järkevää. Seuraavassa esitellään kehityskulku, jolla päästötavoite voidaan saavuttaa tasapainoisesti eri indikaattoreihin vaikuttamalla. Muutosten aikaansaamiseksi esitetään kunkin toimenpidetökonaisuuden osalta myös suosituksia politiikkatoimenpiteiksi. On huomattava, että näiden suositusten vaikutuksia ei ole yksittäisinä toimenpiteinä tutkittu tässä selvityksessä, vaan suositukset perustuvat tutkimusryhmän näkemykseen ja olemassa oleviin selvityksiin. Tässä työssä käytetyllä skenaariotyökalulla on mahdollista jatkoa tutkia tarkemmin yksittäisten politiikkatoimien vaikutuksia.

Yhdyskuntarakenne, kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen

Ilmastopaneelin suosituksen mukaisessa kehityksessä ihmisten ja tavaroiden liikkuvuutta ei rajoiteta, mutta yhdyskuntarakenteen kehittämisen myötä liikkumistarve pienenee hieman. Henkilöliikennesuorite kasvaa nykyisestä noin 10 % vuoteen 2050 mennessä ja henkilöä kohti laskettuna suorite vähenee 3 %. Yhdyskuntarakenteen kehittämisellä ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämistoimilla on saatava aikaan merkittävä muutos ihmisten liikkumistottumuksissa. Suosituksen mukaisessa kehityksessä kulkutapaosuudet ovat vuonna 2050 seuraavat (Kuva 12).



Kuva 12. Kulutapaosuudet vuonna 2050 seutukuntien sisäisessä (vasen) ja välisessä (oikea) liikenteessä BAU-skenaariossa (sisempi) ja Suositus-skenaariossa (ulompi).

Henkilöliikennesuorite on Suositus-skenaariossa henkilöautoilla 27 % pienempi ja vähentyneen käyttötarpeen myötä henkilöautokanta noin 550000 autoa pienempi kuin BAU-skenaariossa. Henkilöä kohti laskettuna kävelyn suorite puolestaan kasvaa puolitoistakertaiseksi, pyöräilyn suorite 2,7-kertaistuu ja bussien ja raideliikenteen suoritteet kasvavat kaksinkertaisiksi nykyisestä. Samalla energiatehokkuus kasvaa linja-autoliikenteessä 25 % vuonna 2030 ja 50 % vuonna 2050 nykyiseen verrattuna. Muun tieliikenteen, raide-, lento- ja vesiliikenteen osalta energiatehokkuus kasvaa 10 % 2030 ja 30 % 2050. Kehitys johtuu osaltaan joukkoliikenteen matkustajamäärien kasvusta ja osaltaan teknisestä kehityksestä ja sähkö- ja hybridibussien käytöstä. Näiden muutosten aikaan saamiseksi Ilmastopaneeli suosittelee esimerkiksi seuraavia politiikkatoimenpiteitä, lisää toimenpiteitä on mainittu muun muassa Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallisessa toimenpidesuunnitelmassa 2020 (Liikennevirasto 2012) ja Joukkoliikennevisiossa 2022 (Liikennevirasto 2013) sekä lähteissä Rantala & Wallander (2012) ja Vaismaa et al. (2011):

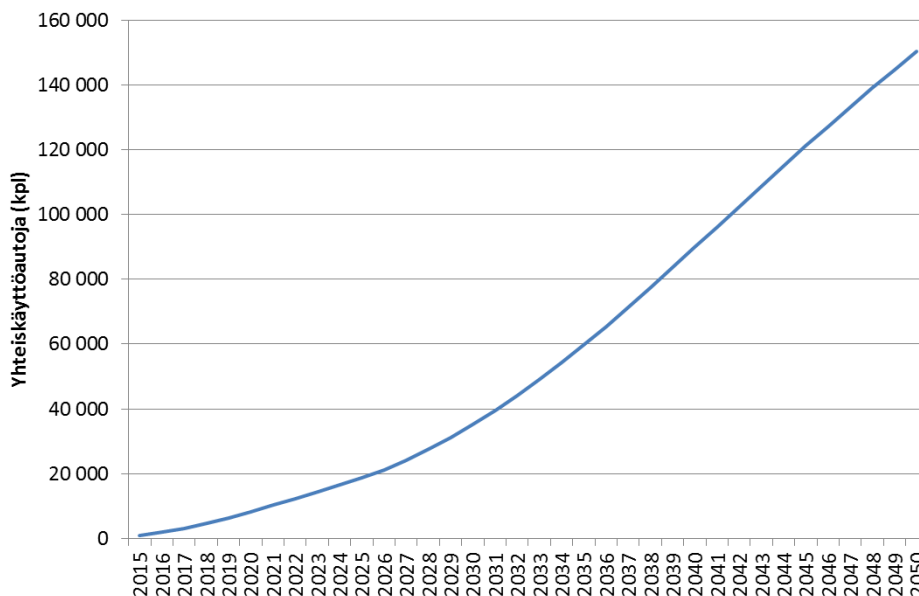
- kävelyn edistäminen: liikenneympäristön viihtyisyyden edistäminen, talvikunnossapito
- pyöräilyn edistäminen: korkeatasoisten väyläverkostojen rakentaminen, talvikunnossapito
- joukkoliikenteen edistäminen: nopeuttaminen, palvelutason parantaminen, hintojen alentaminen ja maksutapojen uudistaminen sekä liityntäpysäköinnin lisääminen ja hintojen alentaminen
- kokonaisvaltaiset toimenpiteet:
 - maankäytön, asumisen, liikenteen, palvelujen ja elinkeinojen yhteen sovittaminen kaupunkiseuduilla
 - uuden rakentamisen ohjaaminen yhdyskuntarakenteessa jalankulku- ja joukkoliikennevyöhykkeille
 - täydennysrakentamisen edistäminen kuntien maapolitiikan, kaavoituksen, autopaikkainormien alentamisen ja sääntelyn keventämisen kautta
 - työpaikkojen ja palvelujen ohjaaminen joukkoliikenteen solmukohtiin
 - kohdennetun liikkumisen ohjauksen informaation lähettäminen kaikille kansalaisille
 - mahdollisesti taloudellisen ohjauksen keinoja, kuten alueellisesti porrastettu kilometrivero (LVM 2013b), työmatkojen verovähennysoikeuden muuttaminen kulkutavasta riippumattomaksi ja kilometriperusteiseksi (Ristimäki et al. 2015) ja pysäköinnin hintojen nostaminen

Onko muutos kulkutavoissa mahdollinen?

Kulikutapajakauman muutos on erittäin suuri ja edellyttää kokonaisvaltaista muutosta. Henkilöautomatkojen määrän pitäisi vähentyä nykyisestä 800 miljoonalla matkalla vuodessa, väestönkasvusta huolimatta. Suosituksen mukaiset kulkutapaosuudet ovat kuitenkin saavutettavissa. Esimerkiksi Sveitsissä henkilöautojen osuus on noin 35 %, kävelyn 45 %, pyöräilyn 5 % ja joukkoliikenteen 13 % matkoista (BFS 2012). Hollannissa puolestaan pyöräilyn osuus on 28 % (CBS 2015), ja Suomessakin Oulun seudulla lähes viidennes matkoista tehdään pyörällä (Kalenoja & Kiiskilä. 2010). Santos et al. (2013) tutkivat 112 eurooppalaista kaupunkia ja päätyivät selviin johtopäätöksiin: pyöräilyn kulkutapaosuutta kasvatetaan investoimalla pyöräilyväyliin ja joukkoliikenteen osuutta kasvatetaan lisäämällä vuorotarjontaa sekä alentamalla lippujen hintoja. Kevyen liikenteen osuutta voivat tulevaisuudessa kasvattaa merkittävästi kevyet sähköavusteiset ajoneuvot. Esimerkiksi sähköpyörien on arvioitu voivan vähentää henkilöautomatkoja 67 milj. matkaa vuodessa (Rintamäki et al. 2015). Myös kasvava ympäristötietoisuus ja autottoman urbaanin elämäntavan arvostus voivat vaikuttaa liikkumiskäyttäytymiseen ja muuttaa kulkutapajakaumaa nykyisestä. Aiempaa harvempi nuori hankkii nykyisin ajokortin 18 vuotta täytettyään (Tiikkaja & Kalenoja 2010). Ajokorttitta eläminen tai ajokortin myöhäisempi hankinta vähentää autoilun keskimääräistä osuutta liikkumisessa. Tulevaisuudessa sähköinen vuorovaikutus voi korvata kasvavan osan fyysisestä liikkumistarpeesta. Lisäksi mobiililaitteiden avulla joukkoliikennevälineissä vietetty aika voidaan hyödyntää henkilöautolla matkustamista tehokkaammin.

Henkilöautojen käyttötapojen muutos

Henkilöautojen käyttötapa myös muuttuu suosituksen mukaisessa kehityksessä. Vuoteen 2030 mennessä autojen keskiuormitus kasvaa 5 % ja vuoteen 2050 mennessä 33 % nykyisestä. Autojen käyttötapojen muutosten myötä henkilöautokanta pienenee BAU-skenaariosta edelleen 550 000 autolla, joten henkilöautokanta on 1,5 milj. autoa vuonna 2050. Henkilöautokannan pieneneminen johtuu osaltaan henkilöautosuoritteiden pienenemisestä, mutta osaltaan myös yhteiskäytössä olevista autoista, joista osa voi tarkasteluajavälin loppupuolella olla robottiautoja (Kuva 13).



Kuva 13. Yhteiskäyttöautojen määrän kehitys Suositus-skenaariossa.

Henkilöautojen myyntimäärät ovat suosituksen mukaisessa kehityksessä 100 000 autoa vuodessa vuonna 2030 ja 80 000 autoa vuodessa vuonna 2050. Vastaavasti käytettynä maahantuotujen autojen määrä laskee BAU-skenaariosta noin 25 000 autosta vuodessa tasolle 17 000 autoa vuodessa vuonna 2050.

2050. Autojen keskimääräinen käyttöikä laskee 18 vuoteen vuonna 2030 ostettavilla autoilla ja edelleen 14 vuoteen vuonna 2050 ostettavilla autoilla, koska yhä useampi vähän ajava kotitalous luopuu autosta kokonaan ja yhteiskäyttöön tulevien autojen osuus kasvaa ja niiden vuosisuoritteet ovat selvästi yksityisautoja suuremmat. Esimerkiksi vuonna 2050 myydyistä autoista 7 % (5600 kpl) tulee yhteiskäyttöön. Näiden muutosten aikaan saamiseksi Ilmastopaneeli suosittelee esimerkiksi seuraavia politiikkatoimenpiteitä, lisää toimenpiteitä on mainittu esimerkiksi HSL:n yhteiskäyttöautoselvityksessä (Toiskallio et al. 2013) ja Liikenneviraston kimppekyytiselvityksessä (Rintamäki & Ansio 2013):

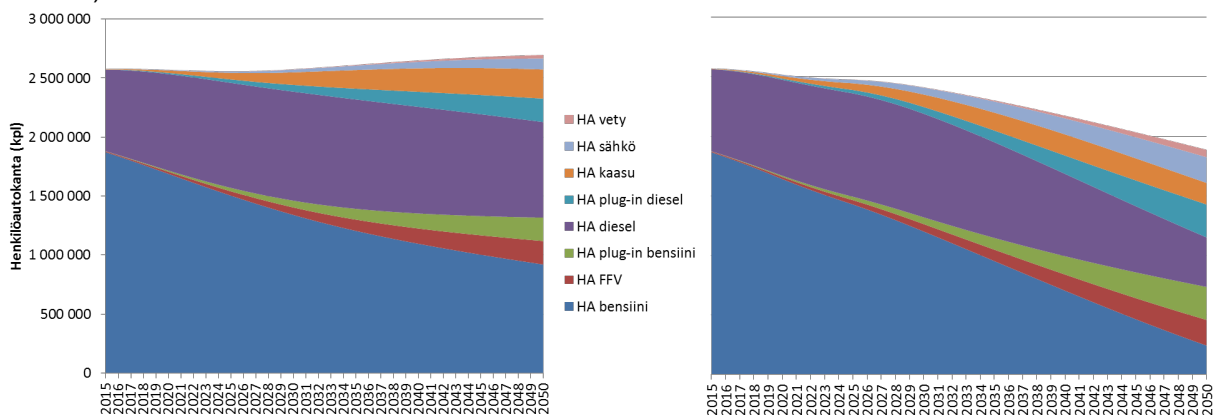
- yhteiskäyttöautojen vapauttaminen veroista ja pysäköintimaksuista
- pysäköintipaikkojen varaaminen yhteiskäyttöautoille
- julkisen sektorin käytössä olevien autojen ottaminen yhteiskäyttöön
- kimppekyytikampanjoiden järjestäminen julkisen sektorin toimipaikoissa
- vaikuttaminen EU:ssa robottiautoihin liittyvän lainsäädännön kehittämiseksi

Onko muutos henkilöautojen käyttötavoissa mahdollinen?

Henkilöautojen käyttötapojen muutosta edistää laajempi jakamistalouden yleistymisen trendi sekä erityisesti kaupunkilaisten kiinnostus omistusautosta luopumiseen ja auton hankkimatta jättämiseen (Kangas 2014). Autojen yhteiskäyttöä puoltavat myös taloudelliset näkökohdat, koska kotitalouksien kulutusmenoista noin 7 % kuluu henkilöautojen hankintaan ja osuus on noussut voimakkaasti 1990-luvun puolivälistä lähtien (Tilastokeskus 2015d). Kuluttajien ympäristötietoisuuden kasvaessa myös yritykset ovat lisänneet tarjontaansa ja samalla julkinen sektori on näyttänyt esimerkkiä (Tampereen kaupunki 2015). Taloyhtiöt ovat ottaneet yhteiskäyttöautot kokeilukäyttöön Suomen suurimmissa kaupungeissa ja samalla myös autonvalmistajat tuovat yhteiskäytön mahdollistavia vertaisvuokrauspalveluja kuluttajille (Ilta-Sanomat 2015; Yle 2015). Ilta-Sanomien (2015) uutiseen liittyvässä kyselyssä 28 % vastaajista (yli 16000 vastausta) ”voisi kuvitella vuokraavansa omaa autoaan ulkopuolisille”. Tulos on linjassa vuonna 2011 tehdyn selvityksen kanssa, jossa 139 vastaajasta kolmasosa ilmoitti olevansa kiinnostunut käyttämään yhteiskäyttöautoja (Insinööri Liidea Oy 2011). Facebookissa toimivassa suljetussa kimppekyyti Tampere - Helsinki -ryhmässä on yli 9500 jäsentä ja kyytien yhdistely on todella aktiivista. International Transport Forumin tutkimuksen mukaan kimppekyytien ja yhteiskäyttöautojen automatisoinnilla yhdessä joukkoliikenteen kanssa voitaisiin kaupunkien henkilöautoliikennettä vähentää jopa yli 90 % (Martinez & Crist 2015).

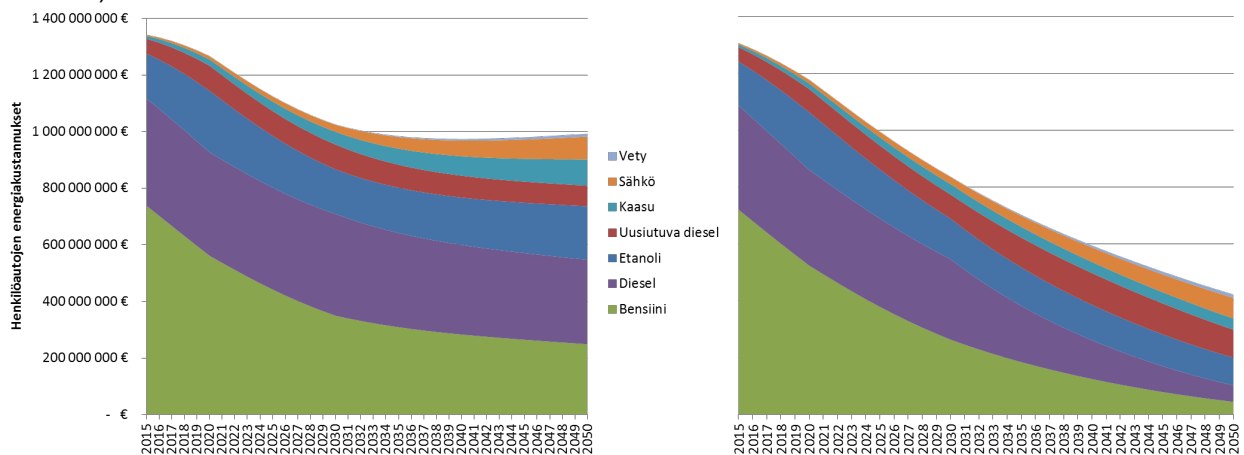
Henkilöautojen energiankulutus ja käyttövoimat

Suositus-skenaariossa siis autokannan koko pienenee edellä kuvattujen muutosten myötä ja myös käyttövoimajakauma muuttuu merkittävästi BAU-skenaarioon verrattuna, etenkin vuoden 2030 jälkeen (Kuva 14).



Kuva 14. Henkilöautokanta BAU-skenaariossa (vasen) ja Suositus-skenaariossa (oikea).

Vuonna 2050 ei Suositus-skenaariossa enää myydä perinteisiä bensiini- tai dieselautoja, vaan tiukkojen päästörajojen saavuttamiseksi kaikki autot ovat hybridautoja. Lisäksi etanolia käyttävät Flex-fuel autot ovat korvanneet bensiiniautot. FFV-autojen osuus uusista autoista on 15 %, samoin kuin dieselautojen. Kaasuautojen osuus on 10 %, kuten BAU-skenaariossakin. Ladattavien hybridien osuus on 40 %, akkusähköautojen 15 % ja vetyautojen 5 % uusista henkilöautoista vuonna 2050. Uusien autojen energiankulutus jatkaa suosituksen mukaisessa kehityksessä laskuaan myös vuoden 2021 jälkeen siten, että kaikkien henkilöautojen energiankulutus on vuonna 2050 noin puolet pienempi kuin nykyään. Näiden muutosten myötä uusien henkilöautojen keskimääräinen päästötaso on 68 g/km vuonna 2030 ja 35 g/km vuonna 2050. Henkilöautojen suoritteiden ja energiankulutuksen pienenemisen sekä käyttövoimien osuuksien muutosten myötä energiakustannukset laskevat ja niiden koostumus muuttuu merkittävästi (Kuva 15).



Kuva 15. Henkilöautojen energiakustannukset BAU-skenaariossa (vasen) ja Suositus-skenaariossa (oikea).

Polttoaineiden osalta uusiutuvan etanolin osuus bensiinin energiasisällöstä on suosituksen mukaisessa kehityksessä 15 % vuonna 2030 ja 25 % vuonna 2050. Uusiutuvan dieselin osuutta puolestaan kasvatetaan merkittävästi 15 % vuonna 2030 ja 50 % vuonna 2050. Kaasu on puolestaan kokonaan biokaasua jo vuodesta 2015 alkaen, toisin kuin BAU-skenaariossa. Näiden muutosten aikaan saamiseksi Ilmastopaneeli suosittelee seuraavia politiikkatoimenpiteitä:

- vaikuttaminen EU:ssa uusien autojen päästönormien tiukentamiseksi ja päästöjen mittauksen uudistamiseksi todellisen käytön päästöjä paremmin vastaavaksi
- verotuksen päästöporrastuksen jatkuva tiukentaminen
- vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfraktuurin rakentaminen
- vaikuttaminen EU:ssa uusiutuvien polttoaineiden laatustandardien ja elinkaari päästöjen laskentasääntöjen selkiyttämiseksi
- uusiutuvien polttoaineiden jakeluvuorituksen kasvattaminen

Kuljetusten energiatehokkuus ja käyttövoimat

Tavarankuljetusten osalta kuorma- ja pakettiautokuljetusten päästöt laskevat energiatehokkuuden parantuessa selvästi BAU-skenaariota enemmän. Kuorma-autokuljetusten tyhjänä ajon osuus laskee 15 prosenttiin, keskikuorma nousee 14,9 tonniin ja keskikulutus laskee 24,8 l/100km tasolle. Pakettiautokuljetusten energiankulutus laskee puoleen nykyisestä. Kuorma- ja pakettiautokuljetuksissa uusiutuvan dieselin osuus on 15 % vuonna 2030 ja 50 % vuonna 2050. Kuorma-autokuljetuksissa oletetaan lisäksi, että 10 % energiasta tulee biokaasusta (nesteytetty tai paineistettu). Vesikuljetuksissa oletetaan päästöjen vähentyvän 40 % nykyisestä, lähinnä nesteytetyn biokaasun käytön avulla LVM:n työryhmän esittämän tavoitteen mukaisesti (LVM 2013a). Kuljetusten päästöt vähenevät hitaammin kuin henkilöliikenteen, minkä vuoksi niiden suhteellinen osuus päästöistä kasvaa 50 prosenttiin. Näiden muutosten aikaan saamiseksi Ilmastopaneeli suosittelee seuraavia politiikkatoimenpiteitä:

- vaikuttaminen EU:ssa pakettiautojen päästönormien tiukentamiseksi ja kuorma-autojen päästönormien käyttöönottamiseksi
- nesteytetyn biokaasun jakeluverkoston luominen satamiin ja tärkeimmille kuljetusväylille
- investointitukien myöntäminen energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden käyttöönottoon energiatehokkuussopimukseen liittyneille ja vastuullisuusmallia käyttäville kuljetusyrityksille
- ohjelman perustaminen kuljetusten tilaajien yhteistyön kehittämiseksi ja kuljetusyrittäjien parhaiden käytäntöjen levittämiseksi
- kaupunkikeskustojen yhteisjakelukeskusten perustaminen

4.2 Toimenpiteiden ristivaikutuksia

Edellä on tarkasteltu toimenpidekokonaisuuksien vaikutuksia erillisinä. Käytännössä kuitenkin kokonaisuudet ovat osittain päällekkäisiä ja vaikutukset kohdistuvat samoihin indikaattoreihin, jolloin yhden toimenpidekokonaisuuden muutoksen voivat vaikuttaa toisella kokonaisuudella saavutettavissa oleviin päästövähennyksiin. Yhdyskuntarakenteen voi laajasti ymmärrettynä katsoa sisältävän täydennysrakentamisen ja työpaikkojen ja palvelujen sijoittumisen joukkoliikenneyhteyksien solmupisteisiin. Yhdyskuntarakenteen toimenpiteet ovat siten edellytys kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämiseksi, koska niillä luodaan puitteet infrastruktuuri-investoinneille ja määritetään kävely- ja pyöräilyetäisyydellä olevien kohteiden määrä ja toisaalta joukkoliikenteen potentiaaliset käyttäjämäärät.

Yhdyskuntarakenteen toimenpiteet vaikuttavat myös yhteiskäyttöautojen potentiaaliin noutopisteiden sijoittelun kautta. Yhteiskäyttöautot ja kimpakyydit puolestaan lisäävät käyttäjiensä kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen käyttöä. Yhteiskäyttöautojen käyttöikä on myös lyhyempi kuin yksityisautojen ja yhteiskäyttöön voidaan hankkia kalliimpia energiankulutukseltaan pienempiä tai vaihtoehtoisia käyttövoimia käyttäviä autoja.

Bensiini- ja dieselautojen energiankulutuksen pienentäminen puolestaan voi toisaalta hankintahintojen nousun kautta lisätä sähkö- ja vetyautojen käyttöä, toisaalta käyttökustannusten alenemisen kautta vähentää vaihtoehtoisten käyttövoimien houkuttelevuutta. Kokonaiskustannuksiin eri käyttövoimien välillä voidaan vaikuttaa päästöpohjaisilla verotusratkaisuilla.

Yhdyskuntarakenteen vaikuttaa myös tavaroiden kuljetustarpeeseen. Henkilöliikenteen ja kuljetusten päästöjen välillä voi olla suora ristivaikutus kauppaan liittyvässä liikenteessä. Toisaalta nettikauppa voi vähentää henkilöliikenteen päästöjä, mutta kasvattaa tavaroiden jakelukuljetusten päästöjä. Kokonaisvaikutus on kuitenkin päästöjä vähentävä, koska tavaroiden jakelu voidaan suunnitella tehokkaasti. Henkilöautojen energiankulutuksen pienentämiseen, vaihtoehtoisiin käyttövoimiin ja uusituihin polttoaineisiin liittyvä tekninen kehitys puolestaan edistää myös kuljetusten päästöjen vähentämistä, koska innovaatiot ovat ainakin osittain sovellettavissa myös raskaisiin ajoneuvoihin.

4.3 Toimenpiteiden päätöksentekotasot ja aikajänteet

Osa edellä esitettyihin toimenpidekokonaisuuksiin liittyvistä toimenpiteistä edellyttää toimeenpanoa kunnallisessa päätöksenteossa, osa on puolestaan valtakunnallisen tai EU:n päätöksentekoa vaativia. Toimenpiteiden käyttöönoton mahdollisuudet ja vaikutusten suuruus voivat myös vaihdella eri aikajänteillä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Esimerkkejä toimenpiteiden päätöksentekotasosta ja vaikutusten aikajänneistä

Toimenpide	Päätöksentekotaso			Aikajänne		
	Kunta	Suomi	EU	2015–2020	2020–2030	2030–2050
Yhdyskuntarakenteen suunnittelu ja ohjaus	maapolitiikka, kaavoitus, palvelujen järjestäminen	maankäytön ohjaus, parhaiden käytäntöjen levittäminen, verotus		asemakaavat, normit, verotus	yleiskaavat, asumisen, palvelujen ja työpaikkojen sijoittuminen	maakuntakaavat, kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen muutos
Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen	väylä-investoinnit	suunnittelun ohjaus, liikkumisen ohjaus		viihtyisä liikenneympäristö	pyöräilyn laatuikäytävät	autottomat elinympäristöt
Joukkoliikenteen edistäminen	väylä-investoinnit, palvelutason parantaminen	infrastruktuuri, järjestelmät, väyläinvestoinnit		maksu- ja tietojärjestelmät, jli-etuudet, kutsujoukkoliikenne, palvelutason parantaminen	liityntä-pysäköinti, jli-kaistat ja -kadut	raidejoukko-liikenne
Henkilöautojen käyttötapojen muutos	pysäköinti	verotus, tuet	robottiautojen lainsäädäntö	kimppakyydit, yhteiskäyttöautot	liikenne palveluna (MaaS)	robottiautot
Autojen energiankulutuksen pienentäminen		verotus	päästörajat	verotus	päästörajat	päästörajat
Vaihtoehtoiset käyttövoimat	infrastruktuuri	verotus, infrastruktuuri	standardit	verotus, standardit	infrastruktuuri (sähkö)	infrastruktuuri (vety)
Tavarankuljetusten tehostaminen	kaupunki-logistiikka	infrastruktuuri, tuet	päästörajat	kuljetusten yhdistely, energiatehokas kalusto	vaihtoehtoiset käyttövoimat	tavararadat

Yhdyskuntarakenteen kehittämiseen liittyvät toimenpiteet ovat pitkälti kuntatasolla kaavoitusprosessissa päätettäviä. Valtakunnallisesti näitä päätöksiä ohjaa maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntö, mutta lainsäädännöstä on vaikeaa tehdä kuntia kovin vahvasti kestävään yhdyskuntarakenteeseen ohjaavaa. Valtakunnallisesti voidaan kuitenkin ohjeistaa kunnallista kaavoitusta ja organisoida parhaiden käytäntöjen levittämistä. Aikajänneeltään yhdyskuntarakenteen toimenpiteet ovat pitkiä. Tällä hetkellä kaavoitusprosessissa olevat alueet voivat olla valmiita vasta vuonna 2050. Näin ollen yhdyskuntarakenteen kehityksen ohjaus vähäpäästöistä liikennejärjestelmää tukevaksi on tehtävä nyt.

Olemassa olevasta yhdyskuntarakenteesta johtuvia liikkumistottumuksia voidaan muuttaa kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen infrastruktuuria ja palvelutasoa parantamalla. Kävelyn ja pyöräilyn edistämisen toimenpiteet ovat infrastruktuurin osalta kunnallisia. Valtakunnallisesti voidaan vaikuttaa infrastruktuurin suunnitteluperiaatteisiin ja organisoida liikkumisen ohjauksen toimenpiteitä. Joukkoliikenteen edistämisessä valtakunnallisella päätöksenteolla on suurempi merkitys. Valtakunnallisesti tulisi pyrkiä yhtenäisten maksu- ja matkustajainformaatiojärjestelmien kehittämiseen sekä joukkoliikenteen kilpailukyvyyn varmistamiseen kaupunkiseutujen välisessä liikenteessä.

Seudullisesti kehityskohteet liittyvät erityisesti joukkoliikenteen nopeuttamiseen liittyviin infrastruktuuri-investointeihin ja palvelutason parantamiseen. Kävelyn ja pyöräilyn edistämisen toimenpiteet ovat nopeammin toteutettavissa kuin laajamittaiset joukkoliikenteen infrastruktuurin kehitystoimenpiteet. Erityisesti valtakunnallisen joukkoliikenteen kehittäminen on pitkä prosessi, jonka ohjaamiseen tarvitaan pikaisesti yhtenäinen visio.

Henkilöautojen käyttötapojen muuttuminen yksityiskäytöstä yhteiskäyttöisyyteen ja kimppakyyteihin on vahvasti yksilöiden päätöksistä riippuvainen. Yksilöiden päätöksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa säntelyllä ja taloudellisella ohjauksella. Kunnallisesti kehitystä voidaan tukea pysäköintiratkaisuilla ja valtakunnallisesti verotuksella tai suorilla tuilla. Nämä päätökset voidaan tehdä nopeasti. Teknologia käyttötapojen muuttamiseksi on jo valmiina ja pidemmällä aikavälillä liikenne palveluna (Mobility as a Service, MaaS) -ajattelun ja robottiautojen ennakoitavan autojen käyttötavat. Robottiautojen yleistymisen aikajänne on kuitenkin vielä hyvin epävarma ja ratkaistavana on vakavia turvallisuuden liittyviä kysymyksiä. Robottiautoihin liittyvän lainsäädännön kehittäminen tapahtuu kansainvälisessä yhteistyössä ja valtakunnallisesti voidaan mahdollistaa erilaisia kokeiluja.

Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien edistäminen riippuvat pitkälti kansainvälisistä tavoitteista, jotka ohjaavat autovalmistajien tuotekehitystä. EU:n päästörajat uusille autoille ovat tehokkaasti pienentäneet uusien autojen energiankulutusta ja uusiutuvan energian tavoitteet ovat luoneet kysyntää vaihtoehtoisten polttoaineiden kehittämiseksi. Tätä kehitystä tulee jatkaa liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Valtakunnallisella tasolla autojen energiankulutusta ja vaihtoehtoisia käyttövoimia edistetään verotusratkaisuilla, uusiutuvien polttoaineiden velvoitteilla ja sähkö- ja vetyautojen tarvitseman infrastruktuurin kehittämisellä. Pitkäjänteinen vakaan toimintaympäristön luominen on autokannan uudistamisessa tärkeää, jotta yritykset voivat tehdä tarvittavia suuria investointipäätöksiä.

Tavarankuljetusten päästöjen vähentämisessä korostuu yritysten vastuu. Energiakustannusten osuus kuljetuskustannuksista on suuri, joten päästöjen vähentämiseksi on olemassa luonteva kannustin. Kuljetuskustannusten osuus tuotteiden arvosta kuitenkin vaihtelee suuresti toimialoittain ja voi olla hyvin pieni. Kunnallisesti korostuu kaupunkikeskustojen logistiikan ohjaus ja yhteisjakelun kehittäminen, koska raskaan liikenteen määrä vaikuttaa myös kävely- ja pyöräily-ympäristön viihtyisyyteen. Valtakunnalliset toimenpiteet parhaiden käytäntöjen levittämiseksi ja kuljetusyritysten energiatehokkuusinvestointien tukemiseksi ovat tarpeen. Kuljetusmuotovalintoihin voidaan valtakunnallisesti vaikuttaa erityisesti raideliikenteen infrastruktuuria kehittämällä. Pakettiautoille on määritelty EU:n tasolla CO₂-päästörajat ja kuorma-autoille rajoja ollaan kehittämässä. Kansainvälisesti tuleekin edistää päästörajoiden syntymistä.

5. TOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSET 2020, 2030 JA 2050

5.1 Vaikutukset 2020

Nykyiset politiikkatoimenpiteet, merkittävimminä EU:n päästörajat uusille henkilöautoille ja Suomen jakeluvaihtoehto biopolttoaineille, tähtäävät vuoteen 2020 ja sisältyvät jo BAU-skenaarioon. Näin ollen Suositus-skenaarion mukaisten toimenpiteiden lisävähennys BAU-skenaarioon verrattuna on melko vähäinen. BAU-skenaariossa päästöt vähenevät nykyisestä 14 % ja Suositus-skenaariossa 18 %. Vuoden 2020 päästömääränä ero on 0,4 Mt. LVM:n ilmastopoliittisen ohjelman (ILPO) tavoitteet näyttäisivät toteutuvan myös BAU-skenaariossa, mutta pidemmän aikavälin tavoitteiden toteutuminen edellyttää suosituksen mukaista päästökaikkehitystä ja siihen liittyviä toimenpiteitä jo ennen vuotta 2020. Erityisesti yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen on tärkeää Suositus-skenaarion kehitysuralle pääsemiseksi (Kuva 17).

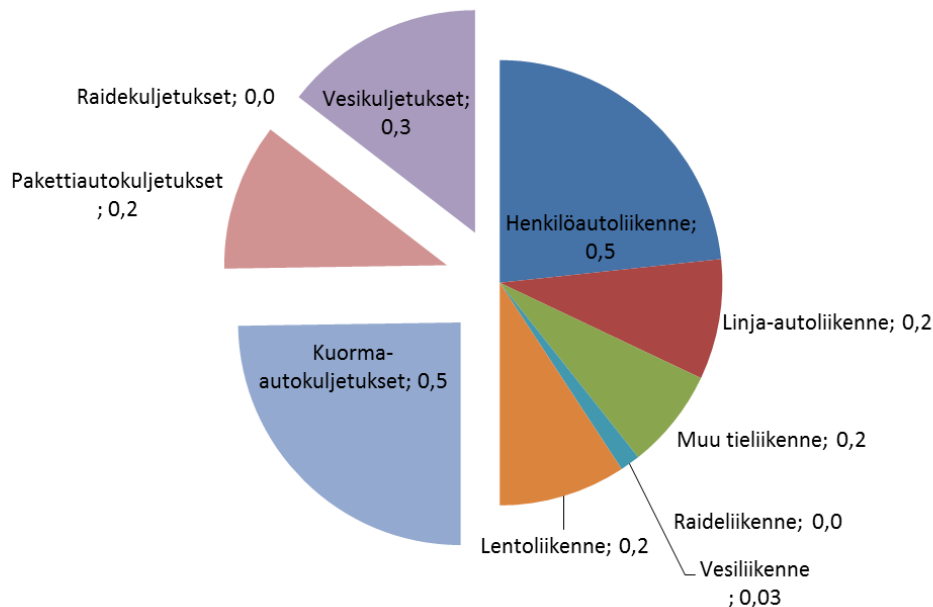
5.2 Vaikutukset 2030

Vuonna 2030 liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat suosituksen mukaisilla toimenpiteillä 1,2 Mt pienemmät kuin BAU-skenaariossa. Yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kulkutapajakaumaan vaikuttaminen ovat myös tällä aikavälillä merkittävät tekijät päästöjen vähentämiseksi, mutta tavoitteiden mukaisiin päästövähennyksiin pääseminen edellyttää kaikkien toimenpidekokonaisuuksien toimeenpanoa. Vaihtoehtoisten käyttövoimien edistämällä on seuraavaksi suurin vaikutus, koska uusiutuvat polttoaineet vaikuttavat sekä henkilö- että tavaraliikenteen päästöihin. Henkilöautojen käyttötapojen muutoksella on myös verrattain suuri vaikutus. Henkilöautojen energiankulutuksen tulee myös jatkaa laskuaan myös nykyisten EU-normien ohjausvaikutusten päättyessä, eli vuoden 2021 jälkeen.

5.3 Vaikutukset 2050

Ilmastopaneelin suosituksen mukaisilla toimenpiteillä liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenevät nykyisestä 80 %, ollen 2 Mt vuonna 2050. BAU-skenaarioon verrattuna päästöt ovat siten 4,4 Mt pienemmät. Energian kulutus pienenee suosituksen mukaisessa kehityksessä 41 % BAU-skenaarioon verrattuna vuonna 2050.

Päästöjen jakauma muuttuu huomattavasti nykyisestä (Kuva 16). Henkilöautojen osuus päästöistä on nyt 58 %, mutta tavoitteessa vain 23 %. Linja-autojen osuus kasvaa 2 prosentista 9 prosenttiin suoritteiden kasvun myötä ja lentoliikenteen osuus kasvaa myös selvästi, koska päästöt pienenevät vain vähän. Kuljetusten osuus päästöistä kasvaa 31 prosentista 50 prosenttiin.

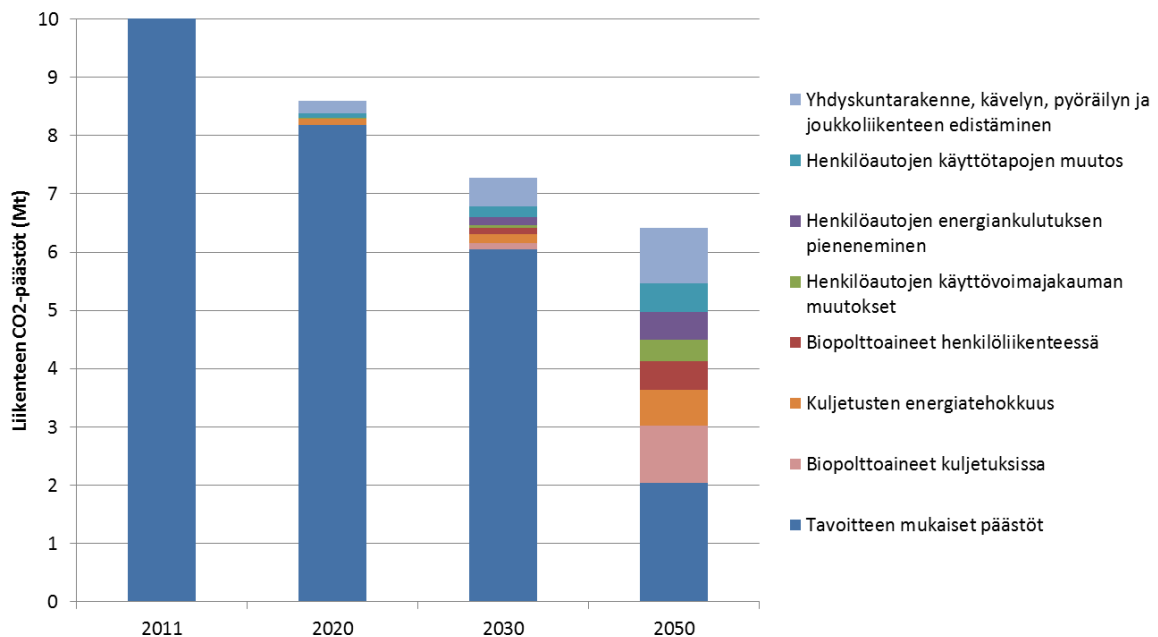


Kuva 16. Kotimaan liikenteen hiilidioksidipäästöt (yhteensä 2 Mt) Ilmastopaneelin suosituksen mukaisessa kehityksessä vuonna 2050.

5.4 Toimenpidekokonaisuuksien osuudet päästövähennyksistä

Kuvassa 17 on kuvattu Ilmastopaneelin suosituksen mukaisten toimenpidekokonaisuuksien päästövähennysvaikutusten suuruutta. Pylvään korkeus esittää liikenteen kokonaispäästöjä BAU-

skenaariossa ja sinisen värin osuus päästöjen kokonaismäärää päästötavoitteiden mukaisessa kehityksessä (-40 % 2030 ja -80 % 2050).



Kuva 17. Toimenpidekokonaisuuksien vaikutus päästövähennyksiin Suositus-skenaariossa verrattuna BAU-skenaarioon (pylvään koko korkeus).

Vuonna 2020 Suositus-skenaariossa päästöjen lisävähennyksestä BAU-skenaarioon verrattuna puolet muodostuu yhdyskuntarakenteen kehittämisestä ja kulkutapaosuusmuutoksesta, 20 % henkilöautojen käyttötappojen muutoksesta ja loput kuljetusten energiatehokkuuden paranemisesta (Kuva 17). Vuonna 2030 puolestaan yhdyskuntarakenteen ja kulkutappojen osuus päästövähennyksestä on 39 %, henkilöautojen käyttötappojen 15 %, henkilöliikenteen energiankulutuksen pienentämisen ja käyttövoimien muutosten osuus on 24 %, kuljetusten energiatehokkuuden 11 % ja kuljetusten biopolttoaineiden osuus 10 %. Vuonna 2050 puolestaan vaihtoehtoisten käyttövoimien merkitys päästöjen vähentämisessä korostuu edelleen. Kuljetusten käyttövoimien muutoksen osuus päästövähennyksestä on 23 % ja henkilöliikenteen käyttövoimien muutoksen osuus 20 %. Kuljetusten energiatehokkuuden osuus on 14 %, henkilöautojen energiankulutuksen pienentämisen 11 %, henkilöautojen käyttötappojen muutoksen osuus samoin 11 % ja yhdyskuntarakenteen ja kulkutappojen muutoksen osuus 22 %.

6. TOIMENPIDEKOKONAISUUKSIEN KUSTANNUSTEHOKKUUS

6.1 Laskennan oletukset

Toimenpidekokonaisuuksien kustannuksia ja hyötyjä on seuraavassa tarkasteltu liikennesektoriin rajoittuen. Näin toimenpiteiden hyödyt muille sektoreille, esimerkiksi uusiutuvien polttoaineiden tuotannon hyödyt suomalaisille yrityksille, ovat tarkastelun ulkopuolella. Esitetyt kustannukset, hyödyt ja päästövähennykset on laskettu BAU-skenaarioon verrattuna, mutta BAU-skenaariolle sinällään ei ole laskettu kustannuksia tai hyötyjä, joita siihen kuitenkin liittyy esimerkiksi henkilöautojen energiankulutuksen pienentämiseksi ja uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämiseksi. Laskennassa on oletettu, että energian hinta pysyy vakiona ja eri käyttövoimien väliset kustannuserot siten muuttumattomina. Kunkin toimenpidekokonaisuuden osalta on alla olevassa tekstissä esitetty tietyt kustannus- ja hyötylaskelmien perustana olevia oletuksia. Laskenta perustuu pitkälti toimenpiteiden

kustannusten vähittäisiin muutoksiin, eikä mahdollisia teknologisia läpimurtoja esimerkiksi vaihtoehtoisten käyttövoimien osalta ole työssä käsitelty.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi voidaan tehdä lukematon määrä yksittäisiä toimenpiteitä. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten arviointi on kuitenkin vaikeaa, erityisesti pitkällä aikavälillä, kuten tässä selvityksessä. Alla onkin keskitytty laajempiin toimenpidekokonaisuuksiin liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Joitain toimenpidekokonaisuuksia on käsitelty tarkemmalla tasolla liitteissä 2–13. Selvityksen liitteinä olevissa toimenpidekortteissa toimenpiteistä annetaan lyhyt yleiskuvaus ja kerrotaan vaikutuksista selvityksessä käytettävän arviointikehikon indikaattoreihin. Toimenpiteille esitetään myös CO₂-päästöjen vaikutusarvio skenaariotyökalulla laskettuna ja BAU-skenaarioon suhteutettuna. Myös toimenpiteiden yhteiskunnallisia kustannusvaikutuksia ja poliittisia toimia on kuvattu laajemmin. Vaikutusarvioihin liittyviä epävarmuuksia on myös avattu ja annettu linkkejä lisätietoihin.

6.1 Suositus-skenaario

Kumulatiivinen päästövähennelmä suosituksen mukaisessa kehityksessä BAU-skenaarioon verrattuna on noin 68 Mt vuosina 2015–2050 ja kumulatiivinen energiansäästö on noin 190 TWh. Suosituksen mukainen kehitys edellyttää voimakkaita toimenpiteitä, joista aiheutuu BAU-skenaarioon verrattuna kustannuksia, mutta myös säästöjä ja muita hyötyjä yhteiskunnalle (Taulukko 3).

Ilmastopaneeli

Taulukko 3. Toimenpidekokonaisuuksien kustannukset ja hyödyt Suositus-skenaariossa.

Toimenpidekokonaisuus	Kustannukset (mrd. €)	Selite	Hyödyt (mrd. €)	Selite	Päästövähennelmä ja yksikkökustannus
Yhdyskuntarakenne, kävely, pyöräily ja joukkoliikenne (sekä mahdollisesti taloudelliset ohjaukeinoet)	11,1	510 M€ vuodessa infrahankeisiin, liikkuksen ohjaukseen, joukkoliikenteen palvelutason parantamiseen ja bussien vaihtoehtoiin käyttövoimiin	14,3	3,9 mrd. € kävelyn ja pyöräilyn terveyshyödyt ja henkilöautojen päästöjen terveyskustannusten vähenemä + 4,0 mrd. € uusien autojen hankintakustannusten säästö + 3,9 mrd. € henkilöautojen kiinteiden kustannusten väheneminen, n. 1000 €/auto/vuosi + 2,5 mrd. € energiankulutuksen vähenemä	18,6 Mt, -172 €/t
Henkilöautojen käyttötavat, kimpakyydit, yhteiskäyttöautot	1,0	Henkilöautojen yhteiskäytön ja kimpakyytien järjestelmät, n. 1000 €/auto vuodessa	9,3	4,0 mrd. € uusien autojen hankintakustannusten säästö + 3,9 mrd. € henkilöautojen kiinteiden kustannusten väheneminen, n. 1000 €/auto/vuosi +1,4 mrd. € energiankulutuksen vähenemä	8,7 Mt, -954 €/t
Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen	3,5	Energiatohokkaiden autojen hintalisä kasvaa 0 €:sta 5000 €:oon vuosina 2022-2050	1,1	Energiankulutuksen vähenemä	7,1 Mt, 338 €/t
Henkilöautojen vaihtoehtoiset käyttövoimat	0,8	0,6 mrd. € plug-in hybridien, sähkö- ja vetyautojen hintalisä + 0,2 mrd. € jakeluinfra			4,5 Mt, 178 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt biokaasun, sähkön ja vedyn tuotannosta: 3,6 Mt (BAU: 4,6 Mt)
Henkilöautojen uusiutuvat polttoaineet	0,4	Uusiutuvien polttoaineiden korkeampi hinta			7,1 Mt, 56 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt etanolin ja uusiutuvan dieselin tuotannosta: 5,9 Mt (BAU: 5,7 Mt)
Kuljetusten energiatohokkuus	2,5	Energiatohokkaat kuorma- ja pakettiautot, hintalisä pakettiautoilla 10000 €:oon ja kuorma-autoilla 30000 €:oon vuoteen 2050	1,0	Energiankulutuksen vähenemä	9,3 Mt, 161 €/t
Kuljetusten vaihtoehtoiset käyttövoimat ja uusiutuvat polttoaineet	1,9	0,6 mrd € uusiutuvan dieselin korkeampi hinta + 1,3 mrd. € vesikuljetusten bio-LNG ja infra			12,2 Mt, 156 €/t muille sektoreille kohdistuvat päästöt etanolin ja uusiutuvan dieselin tuotannosta: 9,0 Mt (BAU: 4,2 Mt)
Yhteensä	21,2		24,7		68 Mt, -52 €/t

Yhdyskuntarakenteen kehittämisen sekä kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämisen kustannuksiksi on arvioitu 510 milj. € vuodessa, josta noin puolet kohdistuisi infrastruktuurihankkeiden rahoitukseen ja loput liikennöinnin lisärahoitukseen, vaihtoehtoisten käyttövoimien edistämiseen ja liikkumisen ohjauksen toimenpiteisiin. Kaavoituksella saavutettavaan toimivaan ja kävelyä, pyöräilyä ja joukkoliikennettä suosivaan yhdyskuntarakenteeseen ei sinällään ole kohdistettu vaihtoehtokustannusta BAU-skenaariossa oletettuun yhdyskuntarakenteeseen nähden. Yhdyskuntarakentaminen aiheuttaa joka tapauksessa kustannuksia, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti ja kohdistuvat pääosin liikennesektorin ulkopuolelle. Rakentaminen yhdyskuntarakenteen kannalta edullisiin paikkoihin voi olla vaihtoehtoisia paikkoja vaikeampaa ja kalliimpaa toteuttaa esimerkiksi maaperän olosuhteiden, rakentamisympäristön tai maanomistustilanteen vuoksi, mutta toisaalta tiiviissä yhdyskuntarakenteessa yhdyskuntatekniikan rakentamis- ja ylläpitokustannukset jäävät yleensä pienemmiksi ja kunnallisten palvelujen tuottaminen on edullisempaa (Koski 2008; Nykänen ym. 2012; Seppälä 2013). Kustannuksia voi aiheutua myös liikenneonnettomuuksien kustannusten kasvusta. Tämä johtuu siitä, että vaikka henkilöautoilun onnettomuudet vähenevät, kävelyn ja pyöräilyn onnettomuudet voivat lisääntyä tarkasteluvälin alkupuolella tätä nopeammin. Näin käy, jos oletetaan henkilöautoilun riskitason pysyvän nykytasolla ja kävelyn ja pyöräilyn riskitason laskevan maltillisesti safety in numbers -ilmiön myötä. On kuitenkin huomattava, että kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuutta eniten edistävät toimet, kuten eroteltujen väylien rakentaminen, pienentävät myös onnettomuusriskejä eniten. Näin ollen kevyen liikenteen suoritteiden lisääntyminen ei välttämättä lisää lainkaan onnettomuuksia. Esimerkiksi Alankomaissa pyöräilijöiden liikennekuolemien määrä on puolittunut 1980-luvulta, vaikka pyöräilijöiden määrä on kasvanut 32 % (Luukkonen & Vaismaa 2013). Myös henkilöautojen turvallisuusteknologioiden, esimerkiksi automaattisten hätäjarrutusjärjestelmien, yleistymisen voi vähentää merkittävästi kevyen liikenteen ja autojen välisiä onnettomuuksia. Toimenpidekokonaisuuden hyödyt muodostuvat kävelyn ja pyöräilyn terveyshyödyistä ja henkilöautoliikenteen päästöjen terveyshaittojen vähenemisestä, uusien autojen myyntimäärän pienenemisestä johtuvasta hankintakustannusten säästöistä, henkilöautokannan vähenemisestä johtuvasta autojen kiinteiden kustannusten säästöistä sekä kokonaisenergiankulutuksen pienenemisestä.

Henkilöautojen käyttötapojen muutos on yhteiskunnallisesti selvästi kannattavin toimenpidekokonaisuus. Yhteiskäyttöisyys ja kimppekyytien välittäminen tarvitsevat tietojärjestelmät, autoihin asennettavat laitteet ja käyttötavan muutoksesta johtuen korkeammat vakuutusmaksut. Tässä on arvioitu näiden kustannusten olevan 1000 €/auto vuodessa ja kumulatiivisesti noin 1,0 mrd. € vuosina 2015–2050. Näin korkea kustannus mahdollistaa sen, että tarkasteluvälin loppupuolella osa yhteiskäyttöautoista on robottiautoja. Korkean automaatiotason auton hankinnan lisähinnaksi tavalliseen verrattuna on arvioitu alle 3000 €/auto vuonna 2035 (Innamaa et al. 2015a). Yhteiskäytössä olevien autojen määrä kasvaa noin 150000 autoon vuoteen 2050 mennessä. Jokaisen yhteiskäyttöauton on laskettu korvaavan 4 yksityisautoa ja lyhentävän autojen käyttöikä, jolloin uusien autojen myynnin pienenemisestä tulevat hankintahinnan säästöt ovat noin 4 mrd. € ja autokannan pienentymisestä johtuva kiinteiden vuosittaisten kustannusten vähenemä on noin 3,9 mrd. €. Kimppekyytien myötä henkilöautomatkojen energiatehokkuus kasvaa ja energiankulutuksen vähenemän nykyarvo on noin 1,4 mrd. €. Lisäksi henkilöautojen automaatiotason lisääntymisen myötä henkilöautoilun riskitaso todennäköisesti pienenee merkittävästi (Innamaa et al. 2015a). Turvallisuushyötyjen tarkempi arviointi edellyttää kuitenkin henkilöautojen erilaisten automaatiotason yleistymisen ja suhteellisen riskitason arviointia, jota ei ole tässä pystytty tekemään.

Henkilöautojen energiatehokkuus kasvaa suosituksen mukaisessa kehityksessä EU:n uusien päästörajajen ohjaamana vuoden 2021 jälkeen. Energiankulutusta vähennetään autojen hyötysuhdetta parantamalla (mm. hybriditekniikan avulla), aerodynamiikkaa kehittämällä ja massaa pienentämällä. Näistä johtuen kaikille uusille henkilöautoille, käyttövoimasta riippumatta on laskettu hintalisä, joka kasvaa lineaarisesti nolasta noin 5000 euroon vuosina 2022–2050. Kumulatiiviset kustannukset ovat

noin 3,5 mrd. €, vaikka autojen myyntimäärä on BAU-skenaariota pienempi. Energiatehokkuuden parantumisesta johtuen energiakustannukset puolestaan laskevat kumulatiivisesti noin 1,1 mrd. €.

Ilmastopaneelin suosituksen mukaisessa kehityksessä vaihtoehtoiset käyttövoimat yleistyvät BAU-skenaariota nopeammin, vaikka uusien autojen myyntimäärät ovat pienempiä ja henkilöautokanta kokonaisuutena pienenee. Poikkeuksena ovat kaasuauto, joiden osuus myynnistä on samalla tasolla kuin BAU-skenaariossa ja kokonaismäärä jää siten pienemmäksi. Vaihtoehtoisista käyttövoimista flex-fuel autoille ja kaasuautoille ei ole laskettu lainkaan hintalisää bensiiniautoon verrattuna, koska hintalisä on nykyäänkin korkeintaan muutamia satoja euroja ja mahtuu siten autojen varustelutasosta johtuvaan vaihteluväliin. Sähköautojen hintalisän on oletettu laskevan nykyisestä 16500 eurosta 2500 euroon vuonna 2050. Plug-in hybridien hintalisä on kaksi kolmasosaa sähköautojen hintalisästä. Vetyautojen hintalisän on oletettu laskevan nykyisestä 35000 eurosta 4000 euroon vuonna 2050. Autojen hintalisästä johtuva kustannus on siten vuosina 2015–2050 noin 0,6 mrd. € suurempi kuin BAU-skenaariossa, pienemmästä autojen kokonaismyynnistä huolimatta. Kaasun, sähkön ja vedyn jakeluinfraktuurin kustannukset ovat Suositus-skenaariossa noin 0,2 mrd. € suuremmat kuin BAU-skenaariossa. Kustannuksiin on laskettu yksi julkinen latauspiste (5000 €/kpl) kymmentä plug-in hybridiä ja sähköautoa kohti, yksi vedyn tankkauspiste (1 M€/kpl) sataa vetyautoa kohti ja yksi kaasun tankkauspiste (0,5 M€/kpl) 250 autoa kohti. Plug-in hybrideille ja sähköautoille on myös laskettu jokaiselle autolle yksi yksityinen latauspiste (2000 €/kpl). Nylundin et al. (2015) esittämien arvioiden mukaan sähköautojen latausinfra kustannus on 680–2200 €/auto vuodesta 2025 eteenpäin ja vedyn tankkausinfra kustannus 1647 €/auto vuodesta 2020 eteenpäin ja 1029 €/auto vuodesta 2030 eteenpäin. Näillä arvoilla jakeluinfran kustannusten vaihteluväliksi saadaan 150–460 milj. €.

Perinteisten polttomoottoriautojen käyttämä energia on suosituksen mukaisessa kehityksessä kalliimpaa kuin BAU-skenaariossa, koska etanolin ja uusiutuvan dieselin osuudet ovat suuremmat. Hintalisä fossiiliseen bensiiniin ja dieseliin on 0,3 €/l ja kumulatiivisesti lisäkustannus on n. 0,4 mrd. € vuosina 2015–2050.

Kuljetusten osalta suosituksen mukaisessa kehityksessä kuorma- ja pakettiautojen energiankulutus pienenee moottorin ja voimansiirron tekniikkaa kehittämällä, aerodynamiikkaa parantamalla ja massaa pienentämällä. Näiden myötä kuorma-autojen hinnan oletetaan olevan 15000 €/auto nykyistä enemmän vuonna 2030 ja 30000 €/auto enemmän vuonna 2050. Vastaavasti pakettiautoissa hintalisä on 5000 € ja 10000 €. (AEA 2012.) Pakettiautojen myyntimääräksi oletetaan 14000 kpl vuodessa ja kuorma-autojen 4000 kpl. Näin energiategokkaan tiekuljetuskaluston hankinnan lisäkustannukset ovat n. 2,5 mrd. €. Energiategokkaan kaluston hankinnan sekä kuorma-autojen keskikuorman kasvun ja tyhjänä ajon vähenemisen myötä energian kulutus laskee BAU-skenaarioon verrattuna noin 1,0 mrd. €.

Uusiutuvan dieselin ja kuorma-autoissa osin myös bio-LNG:n käytön myötä energiakustannukset ovat kuitenkin n. 0,6 mrd. € suuremmat kuin BAU-skenaariossa mukaisilla vaihtoehtoisten polttoaineiden osuuksilla. Vesikuljetuksissa oletetaan, että 40 % päästövähennys BAU-skenaarioon verrattuna vuonna 2050 saadaan aikaan bio-LNG:tä käyttämällä. LNG:n tarve olisi siten noin 210 milj. m³ vuonna 2050 ja LNG:n kumulatiivinen kustannus noin 0,7 mrd. € vuosina 2015–2050. LNG:n käyttö vaatii myös jakeluinfraktuurin rakentamista satamiin. Kun oletetaan, että Suomeen rakennettaisiin joka 6. vuosi LNG-terminaali (kapasiteetti n. 30000 m³, hinta 70 milj. €; LVM 2013a) ja joka 3. vuosi bunkrauslautta ja varastot (kapasiteetti 10000 m³, hinta 25 milj. €; LVM 2013a), jakelukapasiteetti riittää täyttämään kysynnän ja kustannukset olisivat noin 0,6 mrd. €. Vesikuljetuksia palvelevan LNG-infrastruktuurin ja kaasukäyttöisten henkilöautojen tarpeisiin rakennettavan jakeluverkon oletetaan riittävän myös kuorma-autokuljetusten LNG:n kysyntään, joka on vuonna 2050 noin 80 milj. m³. Näin ollen kuorma-autoille ei ole laskettu kaasun jakeluverkon kustannusta.

Suosituksen mukaisen kehityksen aikaansaamisen kustannukset olisivat näillä oletuksilla siis noin 21,2 mrd. € vuosina 2015–2050. Keskimäärin tämä on noin 1 mrd. € vuodessa, kun diskonttaustekijä otetaan huomioon. Kumulatiiviset kokonaiskustannukset ovat siis samaa luokkaa kuin vuosittaiset Suomen kotitalouksien liikennemenot (19 mrd. € vuonna 2012) ja kuntien ja valtion liikenneinfrastruktuurimenot (n. 3,8 mrd. € vuonna 2013) yhteensä. Vuosittainen kustannus taas vastaa nykyistä kuntien ja valtion julkisen liikenteen vuosittaista rahoitusta (n. 1 mrd. € vuonna 2013) (Pöllänen et al. 2015; Liikennevirasto 2015). Panostuksilla liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen saadaan myös suuria hyötyjä, joiden arvo on yhteensä noin 24,7 mrd. € vuosina 2015–2050. Erityisesti yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen tuovat suuret hyödyt, koska ne vähentävät henkilöautojen hankinnan ja omistamisen kustannuksia ja tuovat samalla terveyshyötyjä. Kustannustehokkain tapa vähentää liikenteen päästöjä on kimppakyytien ja autojen yhteiskäytön edistäminen. Näiden kahden toimenpidekokonaisuuden, joiden hyödyt ovat kustannuksia suuremmat, avulla päästöjä voidaan vähentää 40 % tarvittavasta kokonaisvähennyksestä.

6.2 Teknologia-skenaario

Henkilöliikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttaminen ilman yhdyskuntarakenteeseen, kulkutapavalintoihin ja henkilöautojen käyttötapoihin liittyviä toimenpiteitä edellyttäisi vaihtoehtoisten käyttövoimien nopeaa käyttöönottoa. Vuonna 2050 myytävistä autoista 60 % pitäisi olla plug-in hybridejä, 30 % sähköautoja ja 10 % vetyautoja. Uusiutuvan dieselin osuuden pitäisi olla 75 % energiasta. Tämän vaihtoehdon kustannukset olisivat noin 2,2 mrd. € Suositus-skenaariota pienemmät, mutta yhteiskunnalta jäisi saamatta 21,3 mrd. € suosituksen mukaisen kehityksen hyötyjä, kuten terveyshyötyjä, energiankulutuksen vähenemän hyötyjä ja henkilöautojen hankinnan ja omistamisen kustannusten säästöjä (Taulukko 4). Päästöjen vähennyskustannukset olisivat siten 225 €/t. Lisäksi teknologiakeskeisessä vaihtoehdossa vaihtoehtoisten käyttövoimien tuotannosta johtuvat päästöt muille sektoreille ovat kumulatiivisesti noin 9 Mt suuremmat kuin suosituksen mukaisessa kehityksessä.

Taulukko 4. Tavoitteiden saavuttamisen kustannukset ja hyödyt Teknologia-skenaariossa.

Toimenpide-kokonaisuus	Kustannukset (mrd. €)	Selite	Hyödyt (mrd. €)	Selite	Päästövähennelmä ja yksikkökustannus
Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen, vaihtoehtoiset käyttövoimat ja uusiutuvat polttoaineet	14,6	4,6 mrd. € energiatehokkaiden autojen hintalisiä kasvaa 0 €:sta 5000 €:oon vuosina 2022-2050 + 5,6 mrd. € plug-in hybridien, sähkö- ja vetyautojen hintalisiä + 2,3 mrd. € jakeluinfra + 2,1 mrd. € uusiutuvien polttoaineiden korkeampi hinta	2,7	Energiankulutuksen vähenemä	46,5 Mt, 256 €/t, muille sektoreille kohdistuvat päästöt etanolin, uusiutuvan dieselin, biokaasun, sähkön ja vedyn tuotannosta: 18,4 Mt (BAU: 10,2 Mt, Suositus-skenaario: 9,5 Mt)
Kuljetusten energiatehokkuus	2,5	Energiatehokkaat kuorma- ja pakettiautot	1,0	Energiankulutuksen vähenemä	9,3 Mt, 161 €/t
Kuljetusten vaihtoehtoiset käyttövoimat	1,9	0,6 mrd. € uusiutuvan dieselin korkeampi hinta + 1,3 mrd. € vesikuljetusten bio-LNG ja infra			12,2 Mt, 156 €/t
Yhteensä	19,0		3,7		68 Mt, 225 €/t

6.3 Kustannustehokkuus eri aikaväleillä Suositus-skenaariossa

Toimenpidekokonaisuuksien kustannustehokkuus vaihtelee eri aikaväleillä Suositus-skenaarion mukaisilla toimenpiteillä (Taulukko 5).

Taulukko 5. Toimenpidekokonaisuuksien kustannustehokkuus Suositus-skenaariossa eri aikaväleillä.

2015–2020	CO₂- päästövähennelmä (Mt)	Kustannukset (mrd. €)	Hyödyt (mrd. €)	Yksikkökustannus (€/t)
Kuljetukset	0,4	0,2	0,03	525
Henkilöautojen käyttövoimat ja uusiutuvat polttoaineet	0,05	0,06		1200
Henkilöautojen energiankulutuksen pieneneminen	-	-	-	-
Henkilöautojen käyttötapojen muutos	0,2	0,02	0,5	-2175
Yhdyskuntarakenne, kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen	0,6	2,8	0,7	3508
Yhteensä	1,2	3,1	1,2	1617
2020–2030	CO₂- päästövähennelmä (Mt)	Kustannukset (mrd. €)	Hyödyt (mrd. €)	Yksikkökustannus (€/t)
Kuljetukset	2,0	1,1	0,1	475
Henkilöautojen käyttövoimat ja uusiutuvat polttoaineet	1,0	0,2		150
Henkilöautojen energiankulutuksen pieneneminen	0,8	0,7	0,2	625
Henkilöautojen käyttötapojen muutos	1,4	0,2	1,8	-1186
Yhdyskuntarakenne, kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen	3,6	3,6	2,5	317
Yhteensä	8,8	5,6	4,6	123
2030–2050	CO₂- päästövähennelmä (Mt)	Kustannukset (mrd. €)	Hyödyt (mrd. €)	Yksikkökustannus (€/t)
Kuljetukset	19,1	2,9	0,3	139
Henkilöautojen käyttövoimat ja uusiutuvat polttoaineet	10,6	1,0		94
Henkilöautojen energiankulutuksen pieneneminen	6,4	2,8	0,8	313
Henkilöautojen käyttötapojen muutos	7,1	0,8	6,9	-859
Yhdyskuntarakenne, kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistäminen	14,4	4,7	10,7	-414
Yhteensä	57,6	12,2	18,6	-111

Yhdyskuntarakenteen, kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen toimenpidekokonaisuus aiheuttaa erittäin suuret kustannukset alkuvaiheessa, koska infrastruktuuri-investoinnit ja palvelutason parantaminen aiheuttavat välittömästi suuret kustannukset, mutta hyötyjen näkyminen autokannan terveyshyötyinä, autokannan pienenemisenä ja energiansäästöinä kestää pidemmän aikaa.

Henkilöautojen käyttötapojen muutoksen kustannustehokkuus puolestaan heikkenee ajan myötä, koska yhteiskäyttöautojen määrä ja niihin liittyvät kustannukset lisääntyvät eksponentiaalisesti, kun taas kimppekäyttöä saavutettava energiansäästö hyöty pienenee ajan myötä autojen energiankulutuksen pienentyessä.

Henkilöautojen energiankulutuksen pienentämiseen ei liity BAU-skenaarioon verrattuna lisäkustannusta vuosina 2015–2020. Vuosina 2020–2030 yksikkökustannukset ovat suuremmat kuin vuosina 2030–2050, vaikka kustannus autoa kohti kasvaa koko ajan. Tämä johtuu siitä, että autojen myyntimäärät ovat vuosina 2020–2030 suuremmat ja saavutettava energiansäästö BAU-skenaarioon verrattuna pienempi. Myös nykyarvolaskennan korkotekijä alentaa autojen hankinnan lisäkustannusta enemmän vuosina 2030–2050.

Henkilöautojen uusiutuviin polttoaineisiin ei myöskään liity BAU-skenaarioon verrattuna lisäkustannusta vuosina 2015–2020, koska uusiutuvien polttoaineiden osuudet kasvavat jakeluvelvoitteen mukaisesti. Vaihtoehtoisia käyttövoimia käyttävät autot lisääntyvät hieman BAU-skenaariota nopeammin myös vuosina 2015–2020 ja niiden hintalisä autoa kohti on suuri. Hintalisä kuitenkin pienenee ajan myötä teknologioiden kehittyessä ja uusiutuvien polttoaineet ovat vaihtoehtoisia käyttövoimia halvempi vähennyskeino, siten päästövähennysten yksikkökustannus pienenee vuosina 2020–2030 ja edelleen vuosina 2030–2050.

Kuljetusten osalta puolestaan vuosina 2015–2020 korostuvat vesikuljetusten LNG-infrastruktuurin ja kuorma- ja pakettiautojen energiankulutuksen pienentämisen kustannukset. Vuosina 2020–2030 uusiutuvan dieselin osuus kasvaa BAU-skenaariota suuremmaksi ja pienentää kuljetusten päästövähennysten yksikkökustannuksia. Vuosina 2030–2050 puolestaan uusiutuvan dieselin osuuden kasvu jatkuu ja ennen kaikkea kuljetusten energiatehokkuus paranee tyhjänä ajon vähentyessä ja kuljetusten keskiuormien kasvaessa. Energiatehokkuuden paranemiselle kuormituksen kautta ei ole tässä laskettu kustannusta, koska kyse on yritysten toimintapojen muutoksesta. Näin päästövähennysten yksikkökustannukset ovat selvästi aiempaa alhaisemmat vuosina 2030–2050.

6.4 Kustannusten ja hyötyjen jakautuminen kotitalouksille, yrityksille ja julkiselle sektorille

Selvityksen resursseilla ei ollut mahdollista rahallisesti laskea kustannusten ja hyötyjen jakautumista kotitalouksille, yrityksille ja julkiselle sektorille. Periaatteessa kustannusten ja hyötyjen voidaan ajatella pitkällä aikavälillä kohdistuvan kotitalouksille, koska yritykset siirtävät kustannukset ja hyödyt tuotteiden hintoihin ja julkinen sektori verotukseen ja maksuihin. Esimerkkejä kustannusten ja hyötyjen välittömien vaikutusten jakautumisesta on kuitenkin hahmoteltu seuraavassa (Taulukko 6).

Ilmastopaneeli

Taulukko 6. Esimerkkejä toimenpidekokonaisuuksien välittömien kustannusten ja hyötyjen jakautumisesta.

Toimenpidekokonaisuus	Kotitaloudet	Julkinen sektori	Yritykset
Yhdyskuntarakenne, kävely, pyöräily ja joukkoliikenne	Osa terveyshyödyistä, autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöt, säästöt liikkumiskustannuksissa, energiansäästö	Osa terveyshyödyistä, joukkoliikenteen lipputulojen kasvu, infrastruktuurin tehokkaamman käytön kunnille tuomat säästöt, infrastruktuuri-investoinnit ja palvelutason parantamisen kustannukset, auto- ja ajoneuvoverotulojen pieneneminen	Joukkoliikenteen liikennöitsijöiden tulojen kasvu, yritysten edullisemmat liikkumiskustannukset, autokaupan tulojen pienentyminen, energian myynnin tulojen pienentyminen
Henkilöautojen käyttötavat, kimpapakyydit, yhteiskäyttöautot	Autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöt, energiansäästö	Auto- ja ajoneuvoverotulojen pieneneminen	Yhteiskäyttöauto- ja kimppekäyttöyritysten tulojen kasvu, autokaupan tulojen pienentyminen, energian myynnin tulojen pienentyminen
Henkilöautojen energiankulutuksen pienentäminen	Autojen hankinnan kustannusten kasvu, energiansäästö		Autokaupan tulojen kasvu, energian myynnin tulojen pienentyminen
Henkilöautojen vaihtoehtoiset käyttövoimat	Autojen hankinnan kustannusten kasvu, sähköautojen kotilatausinfrastruktuurin kustannukset		Autokaupan tulojen kasvu, vaihtoehtoisten energioiden myynnin tulojen kasvu, jakeluinfrastruktuuri-investoinnit, bensiinin ja dieselin myynnin tulojen pienentyminen
Henkilöautojen uusiutuvat polttoaineet	Energiakustannusten kasvu		Energian myynnin tulojen kasvu
Kuljetusten energiatehokkuus		Kuljetusten energiatehokkuusohjelman ja -tukien kustannukset	Tilaaajayritysten kuljetuskustannusten pienentyminen, kuljetusyritysten energiansäästö, kuljetusyritysten kaluston hankintakustannusten kasvu
Kuljetusten vaihtoehtoiset käyttövoimat			Kuljetusyritysten energiakustannusten kasvu

7. YHTEENVETO

Tässä selvityksessä on ennakoitu liikenteen päästöjen tulevaisuutta Suomen tasolla. Henkilö- ja kuorma-autojen osalta selvityksessä on tehty yksityiskohtaiset tarkastelut arviointikehikkoa (Kuva 3) käyttäen. Selvityksessä luotiin tällä hetkellä tiedossa oleviin päästövähennystoimenpiteisiin perustuva business as usual (BAU) -skenaario ja Ilmastopaneelin suosittelemiin toimenpiteisiin perustuva Suositus-skenaario. Henkilöliikenteen osalta tehtiin myös ajoneuvo- ja käyttövoimatoimenpiteisiin perustuva Teknologia-skenaario. Skenaarioiden tulokset vuosille 2030 ja 2050 on esitetty seuraavassa henkilöautoille (Taulukko 7) ja kuorma-autoille (Taulukko 8).

Ilmastopaneeli

Taulukko 7. Henkilöautoliikenteen tunnusluvut eri skenaarioissa vuosina 2011, 2030 ja 2050.

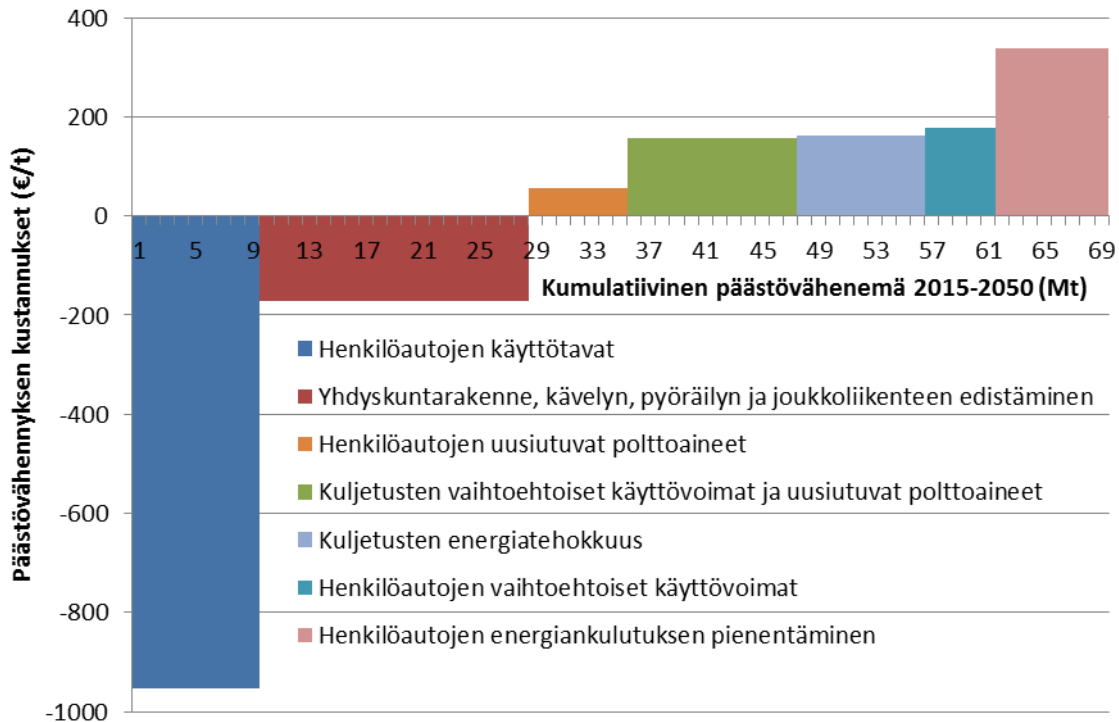
	2011	2030			2050		
		BAU	Suositus	Teknologia	BAU	Suositus	Teknologia
Väkiluku, >6v. (milj. hlöä)	5,0	5,5	5,5	5,5	5,7	5,7	5,7
Matkaluku (kpl/v)	1031	1029	1029	1029	1027	1027	1027
Matkamäärä (mrd. kpl)	5,2	5,6	5,6	5,6	5,9	5,9	5,9
HA kulkutapaosuus (%)	59 %	59 %	51 %	59 %	58 %	38 %	58 %
HA matkamäärä (mrd. kpl)	3,1	3,3	2,9	3,3	3,4	2,2	3,4
HA keskimatka (km)	17	17	18	17	17	19	17
HA matkustussuorite (mrd. hkm)	53,0	56,9	51,0	56,9	58,8	42,9	58,8
HA keskikuorma (hlö/matka)	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	2,4	1,8
HA liikennesuorite (mrd. km)	38,7	41,5	35,5	41,5	42,9	23,6	42,9
HA keskikulutus (kWh/km)	0,61	0,40	0,36	0,36	0,34	0,21	0,19
HA energiankulutus (TWh)	23,9	16,5	13,0	15,0	14,8	4,9	8,3
HA energian CO ₂ -sisältö (kg/kWh)	0,24	0,22	0,21	0,19	0,20	0,10	0,06
HA CO ₂ -päästöt (Mt)	5,8	3,7	2,7	2,8	3,0	0,5	0,5
Liikkumisintensiteetti (km/hlö/v)	13717	13608	13425	13608	13528	13354	13528
josta henkilöautolla	10553	10413	9338	10413	10317	7519	10317
Energiatehokkuus (hkm/kWh)	2,4	3,6	4,3	3,9	4,1	8,2	6,3
HA energiatehokkuus (hkm/kWh)	2,2	3,5	3,9	3,8	4,0	8,8	7,1
CO ₂ -intensiteetti (kg/hlö/v)	1362	833	655	656	665	181	168
josta henkilöautolla	1155	670	498	511	525	85	94

Taulukko 8. Kuorma-autokuljetusten tunnusluvut eri skenaarioissa vuosina 2013, 2030 ja 2050.

	2011	2030		2050	
		BAU	Suositus	BAU	Suositus
Arvonlisäys (mrd. €)	172	240	240	343	343
Arvotiheys (€/t)	637	710	710	856	856
Tavaramäärä (milj. t)	269	339	339	401	401
Keskimatka (km)	78	76	76	74	74
Kuljetussuorite (mrd. tkm)	21	26	26	30	30
Keskikuorma (t)	10,8	12,6	12,8	12,3	14,9
Liikennesuorite kuormattuna (milj. km)	1431	1617	1602	1934	1686
Tyhjänä ajo (% kokonaisliikennesuoritteesta)	26 %	21 %	20 %	20 %	15 %
Kokonaisliikennesuorite (milj. km)	1936	2044	2002	2416	1984
Keskikulutus (kWh/km)	3,6	3,2	3,1	2,7	2,5
Energiankulutus (TWh)	7,0	6,5	6,3	6,6	4,9
CO ₂ -sisältö (kg/kWh)	0,25	0,23	0,22	0,23	0,10
CO ₂ -päästöt (Mt)	1,7	1,5	1,4	1,5	0,5
Kuljetusintensiteetti (tkm/€)	0,12	0,11	0,11	0,09	0,09
Energiatehokkuus (tkm/kWh)	3,0	3,9	4,1	4,5	6,0
CO ₂ -intensiteetti (kg/€)	0,010	0,006	0,006	0,004	0,001

Selvityksen perusteella Suomessa tulee tehdä voimakkaita päästövähennystoimenpiteitä, jotta liikenteen hiilidioksidipäästöt saadaan tavoitteiden mukaiselle tasolla vuosina 2030 ja 2050. Hiilidioksidipäästöjen

vähentämiseksi voidaan tehdä lukematon määrä yksittäisiä toimenpiteitä. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten arviointi on kuitenkin vaikeaa, erityisesti pitkällä aikavälillä, kuten tässä selvityksessä. Selvityksessä keskityttiinkin laajoihin toimenpidetekonaisuuksiin liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Toimenpidetekonaisuuksille voidaan esittää selvityksen perusteella Suositusskenaarion mukaisilla päästövähennyksillä seuraava kustannuskuva (Kuva 18).



Kuva 18. Liikenteen päästövähennystoimenpiteiden kustannuskuva.

Yhteiskunnalle kannattavin toimenpide on siirtyminen yksityisestä henkilöautoilusta sosiaaliseen lisäämällä kimpakkyytejä ja yhteiskäyttöautoja. Kimppakyydit parantavat henkilöautoilun energiatehokkuutta ilman lisäkustannuksia ja yhteiskäyttöautot pienentävät autokantaa ja vähentävät siten henkilöautojen kiinteitä vuosittaisia kustannuksia. Tällaiseen liikenne palveluna -ajatteluun siirtyminen edellyttää sekä teknologisia innovaatioita että lainsäädäntöön ja markkinoiden ohjaukseen liittyviä muutoksia.

Hyvin kannattavia ovat myös yhdyskuntarakenteen kehittymistä ohjaavat toimenpiteet, joissa kustannuksia aiheutuu lähinnä parhaiden käytäntöjen levittämisestä. Kuljetapojen osuuksiin vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn infrastruktuurin kehittämistoimenpiteet ovat myös yhteiskunnallisesti kannattavia, koska niihin liittyy kansanterveydellisiä hyötyjä ja autokannan pieneneminen. Joukkoliikenteen infrastruktuurin kehittämisessä painottuvat raidehankkeet, jotka ovat kalliita, mutta joiden liikenneturvallisuutta edistävä vaikutus on myös suuri. Yhdyskuntarakenteen kehittäminen ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen infrastruktuuri liittyvät kiinteästi toisiinsa ja muutokset ovat hitaita, joten poliittisen ohjauksen tulee olla pitkäjänteistä.

Tekniset toimenpiteet aiheuttavat yhteiskunnalle kustannuksia, koska sekä autojen energiankulutuksen pienentämiseen että vaihtoehtoisten polttoaineiden ja ajoneuvojen käyttöönottoon liittyy korkeita kustannuksia. Teknisillä toimenpiteillä on kuitenkin saavutettavissa suuret päästövähennykset ja

päästövähennystavoitteiden saavuttaminen on mahdollista teknisillä toimenpiteillä. Tämä edellyttäisi vaihtoehtoisten käyttövoimien nopeaa käyttöönottoa ja yhteiskunnalta jäisi saamatta mittavat yhdyskuntarakenteeseen, kulkutapavalintoihin ja autojen käyttötapojen muutoksiin liittyviä hyötyjä, kuten terveyshyötyjä, energiankulutuksen vähenemän hyötyjä ja autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä. Lisäksi teknologiakeskeisessä vaihtoehdossa vaihtoehtoisista käyttövoimista johtuvat päästöt muille sektoreille ovat liki kaksinkertaiset (18,4 Mt) suosituksen mukaiseen kehitykseen verrattuna (9,5 Mt).

Taloudellisten ohjauskeinojen vaikutukset ovat yksittäisinä suhteellisen pieniä, mutta ne tukevat liikkumiskäyttämisen muutosta ja ne voidaan nähdä tehostavina ohjauskeinoina muiden toimenpidekokonaisuuksien yhteydessä. Taloudelliset ohjauskeinot vaikuttavat myös välillisesti asukkaiden ja yritysten sijaintipäätösten kautta, jolloin muutokset nähdään yhdyskuntarakenteen aiheuttamassa liikkumistarpeessa pidemmällä aikavälillä.

Selvityksen lähtökohtana pidettiin liikenteen osalta 80 % päästövähennystavoitetta vuodelle 2050. Päästöjen vähennystarve voi kuitenkin olla liikenteessä suurempi, koska muilla ei-päästökauppasektoreilla, kuten maataloudessa, päästöjen vähentäminen voi olla vielä vaikeampaa tai kalliimpaa kuin liikenteessä. Näin ollen jatkossa olisi tarpeen selvittää myös vielä suurempien päästövähennysten kustannuksia, hyötyjä ja tarvittavia toimenpiteitä.

Selvitys toi esiin lukuisia muitakin jatkotutkimusaiheita. Kuten edellä todettiin, selvityksen resursseilla ei ollut mahdollista tarkastella yksittäisten toimenpiteiden ja politiikkasuositusten päästövaikutuksia, kustannuksia ja hyötyjä. Työssä luotu menetelmä kuitenkin mahdollistaa tällaisten tarkastelujen tekemisen jatkossa. Tarkempiin analyyseihin on syytä sisällyttää myös esimerkiksi energiakustannuksiin ja toimepiteiden ajoitukseen liittyviä herkkyystarkasteluja.

Liikenteen päästöjen kokonaiskuvan muodostamista vaikeuttaa se, että ajoneuvojen liikennesuoritteista on olemassa hyvin erilaisia arvoja tietilastossa ja henkilöliikennetutkimuksen tai tieliikenteen tavarankuljetustilaston aineistoissa. Kun näiden aineistojen tietoja yhdistellään, voidaan saada tulokseksi hyvin erikoisia suoritteita, kuten Liikenneviraston tieliikenne-ennusteen lähtökohtana käytetty henkilöautojen henkilöliikennesuorite 78,4 mrd. hkm, joka on 47 % suurempi kuin henkilöliikennetutkimuksen mukainen 53,2 mrd. hkm ja myös selvästi suurempi kuin Suomen virallisissa tilastoissa olevat henkilöautojen henkilöliikennesuorite 65,1 mrd. hkm (Tilastokeskus 2014). Vastaavasti kuljetusten osalta tietilaston mukainen liikennesuorite kuorma-autoille on 3,2 mrd. km, joka on 68 % suurempi kuin tieliikenteen tavarankuljetustilaston mukainen 1,9 mrd. km. Suomen viralliset liikenteen hiilidioksidipäästöarvot perustuvat tietilaston liikennesuoritteisiin, mutta tilastojen välisten kymmenien prosenttien erojen vuoksi liikenteen suoritteiden seuranta- ja tilastointijärjestelmää olisi syytä tarkastella perusteellisesti uudestaan kokonaisuutena ja uuden teknologian (esim. ajoneuvolaitteet ja älypuhelimet) tuomat mahdollisuudet huomioon ottaen.

Liikenteen päästöjen vähentämisessä kustannustehokkainta on parantaa ajoneuvojen kuljetuskapasiteetin käyttöä, henkilöliikenteessä kimpakyydeillä ja yhteiskäyttöautoilla ja kuljetuksissa yritysten yhteistyötä kehittämällä ja pienten jakelukuljetusten joukkoistamisen kautta. Näiden potentiaalın selvittämiseksi ja käytön edistämiseksi tulisi käynnistää laaja tutkimus- ja kehitysohjelma.

Tavarankuljetusten osuuden liikenteen päästöistä ennakoitiin tässä selvityksessä kasvavan tulevaisuudessa. Näin ollen kuljetusten päästöjen kehitystä ja niihin vaikuttamisen mahdollisuuksia olisi tarpeen selvittää tarkemmin. Selvityksen lähtökohtana tulisi olla kokonaisten kuljetusketjujen näkökulma, johon nykyiset kuljetusmuotokohtaiset tilastot eivät anna mahdollisuuksia. Kuljetusketjutarkastelun pohjaksi tulisi Suomessa toteuttaa kuljetusketjututkimus (commodity flow survey), jollaisia on tehty esimerkiksi Ranskassa ja Yhdysvalloissa. Yksittäisenä tutkittavana ilmiönä taannoisen kuorma-autojen

mitta- ja massarajojen noston ja käynnissä olevien erittäin suurten ajoneuvoyhdistelmien kokeilujen vaikutuksia tulisi tutkia tarkemmin, koska suurempien kuorma-autojen käyttöön liittyy laajaa kansainvälistä mielenkiintoa.

Jatkotutkimusaiheina esille nousivat myös:

- Linja-autojen energiatehokkuuden kehittämisen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien (sähkö, vety) käyttöönoton kustannukset ja vaikutukset päästöihin kaupunkiseutujen liikenteessä ja pitkämatkaisessa liikenteessä.
- Raideliikenteessä junakuljetusten suoritteiden ennakointi sekä ratojen sähköistykseen ja päästöttömän energian käytön kustannukset.
- Ajokortin hankkimisen lykkäytymisen ja autottoman elämäntavan tai toisaalta ajokortin ikärajan laskemisen 16 vuoteen vaikutukset autokantaan ja liikenteen päästöihin.
- Lentoliikenteen päästöjen erillistarkastelu sisältäen ulkomaanlentojen päästöt ja päästöjen vähentämisen teknologiset mahdollisuudet.
- Liikenteen osittaisen (esim. meriliikenne tai kuorma-autoliikenne) tai täydellisen päästökauppaan sisällyttämisen vaikutukset päästöihin.
- Kuorma-autokuljetuksissa johdinsähköautojen ja pääväylien sähköistämisen kustannukset ja vaikutukset päästöihin.

Lisäksi tässä selvityksessä kehitettyä skenaariotyökalua voidaan parantaa. Työkalu mahdollisti muutosten tarkastelun ajoneuvotasolla vain henkilöautoille. Skenaariotyökalun laajentaminen ajoneuvotasolla myös paketti-, linja- ja kuorma-autot sekä moottoripyörät sisältäväksi mahdollistaisi tarkemman analyysin. Laajennettu skenaariotyökalu tarjoaisi erinomaiset mahdollisuudet jatkuvaan yksittäisten päästövähennystoimenpiteiden vaikutusten arviointiin ja tämän selvityksen säännölliseen päivittämiseen ja yksityiskohtaisemman tiedon tuottamiseen. Selvityksen resursseilla ei ollut mahdollista rahallisesti laskea kustannusten ja hyötyjen jakautumista kotitalouksille, yrityksille ja julkiselle sektorille, mutta laajennetulla skenaariotyökalulla voitaisiin tuottaa myös tarkempaa tietoa myös tästä.

LÄHTEET

AEA 2012. A review of the efficiency and cost assumptions for road transport vehicles to 2050. Report for the Committee on Climate Change. (<http://www.ricardo-aea.com/cms/assets/Documents-for-Insight-pages/8.-Review-of-cost-and-efficiency.pdf>).

Ahem et al. 2013. Analysis of national travel statistics in Europe. JRC Technical reports. (https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/tch-d2.1_final.pdf).

Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).

BFS 2012. Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010. Bundesamt für Statistik. (http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/aineistopalvelut/verkkopalvelut/henkiloliikennetutkimus/liikkeja/Mobilitaet_Schweiz.pdf).

Cavill, N., Kahlmeier, S., Rutter, H., Racioppi, F., Oja, P. 2008. Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: A systematic review. Transport Policy, vol. 15, pp. 291-304.

CBS 2015. Mobiliteit in Nederland; mobiliteitskenmerken en vervoerwijzen, regio's. Centraal Bureau voor de Statistiek. (<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81127NED&D1=a&D2=0&D3=a&D4=0&D5=0&D6=l&VW=T>).

DTU 2015. The Danish National Travel Survey. Fact sheet about cycling in Denmark. Danish Technical University, Institute for Transport. (<http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/english/-/media/Centre/Modelcenter/modeller%20og%20publikationer/Faktaark/2011-2013%20Fact%20sheet%20cycling%20in%20DK.ashx>).

European Commission 2015a. 2030 Energy Strategy. (<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2030-energy-strategy>).

European Commission 2015b. Reducing CO₂ emissions from passenger cars. (http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm).

HLT 2010–11. Henkilöliikennetutkimus 2010–11. (<http://hlt.fi>).

ICCT 2013. From laboratory to road. A comparison of official and 'real-world' fuel consumption and CO₂ values for cars in Europe and the United States. International Council on Clean Transportation. White Paper. May 2013. (http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LabToRoad_20130527.pdf).

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. ja Virtanen, A. 2015a. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Trafin tutkimuksia 1/2015. (http://www.trafi.fi/filebank/a/1421850491/c57dad45a028a573735b6850e24c89d0/16652-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf).

Innamaa, S., Malin, F., Rämä, P. 2015b. Kilometriverson vaikutukset liikkumiseen. VTT Technology 227. (<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T227.pdf>).

Insinööritoimisto Liidea Oy. 2011. Yhteiskäyttöautot asuntoalueilla. (http://motiva.fi/files/4934/tuloskortti_yhteiskayttoautot.pdf).

IPCC 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Chapter 8: Transport. (<http://mitigation2014.org/report/publication/>).

IS 2015. Fordilta uusi palvelu: Asiakkaat vuokraavat autojaan eteenpäin – “tarjoaa mahdollisuuden tienata rahaa”. (<http://www.iltasanomat.fi/autot/art-1440126567793.html>).

Jakobsen, P. L. 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. Injury Prevention 9, pp. 205-209. (http://www.cycle-helmets.com/safety_in_numbers.pdf).

Kalenoja, H., Kiiskilä, K. 2010. Oulun seudun liikennetutkimus 2009. Yhteenvetoraportti. Liikenteen nykytila Oulun seudulla. (http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=ac7b5010-1696-4ff3-999d-1919f8ebda5c&groupId=173371).

Kangas, J. 2014. Jakamistalous on tullut jäädäkseen. Talouselämä, Tebatti 11.9.2014. (<http://www.talouselama.fi/Tebatti/kysymykset/jakamistalous+on+tullut+jaadakseen/a2265284>).

Kay, D., Hill, N., Newman, D. 2013. Powering ahead. The future of low-carbon cars and fuels. UK Petroleum Industry Association, RAC Foundation. (http://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/powering_ahead-kay_et_al_apr2013.pdf).

Koski, K. 2008. Kuntatalous ja yhdyskuntarakenne. Suomen ympäristö 42/2008.

Liikennevirasto 2012. Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen toimenpidesuunnitelma 2020. Liikenneviraston suunnitelmia 2/2012. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ls_2012-02_kavelyn_ja_pyorailyn_web.pdf).

Liikennevirasto 2013. Joukkoliikennevisio 2022 ja yhteiset kehittämisalueet. (<http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikenneverkko/liikennejarjestelma/joukkoliikenne/Yhteiset%20kehitt%E4misalueet.pdf>).

Liikennevirasto 2014. Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-13_valtakunnallinen_tieliikenne-ennuste_web.pdf).

Liikennevirasto 2015. Julkisen liikenteen suoritetilasto 2013. Liikenneviraston tilastoja 2/2015. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lti_2015-02_julkisen_liikenteen_web.pdf).

Liimatainen, H., Pöllänen, M., Kallionpää, E., Nykänen, L., Stenholm, P., Tapio, P., McKinnon, A. 2012. Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 1/2012. (http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1986562&name=DLFE-13615.pdf&title=Julkaisuja%201-2012).

LIPASTO 2015. LIPASTO – Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. (<http://lipasto.vtt.fi/>).

Luukkonen, T., Vaismaa, K. 2013. Pyöräilyn lisääntymisen yhteys turvallisuuteen. Liikenneturvan selvityksiä 1/2013.
(https://liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tutkimukset/2013_safety_in_numbers.pdf).

LVM 2015. Vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. Ehdotus kansalliseksi suunnitelmaksi vuoteen 2020/2030. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 4/2015.
(http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=3759144&name=DLFE-27022.pdf&title=Julkaisuja%204-2015).

LVM 2014. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittinen ohjelma 2009-2020 – Seuranta 2014. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 33/2014.
(http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=3082174&name=DLFE-25809.pdf&title=Julkaisuja%2033-2014).

LVM 2013a. Tulevaisuuden käyttövoimat liikenteessä. Työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 15/2013. (http://www.lvm.fi/docs/fi/2497123_DLFE-19513.pdf).

LVM 2013b. Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä. Työryhmän loppuraportti. LVM:n julkaisuja 37/2013. (http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=2497123&name=DLFE-22565.pdf&title=Julkaisuja%2037-2013)

Martinez, L., Crist, P. 2015. Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. International Transport Forum.
(http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15CPB_Self-drivingcars.pdf).

MERIMA 2013. MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt – tietokonemallit. Tulosraportti 2005-2012. Trafin julkaisuja 13/2013.
(http://www.trafi.fi/tietopalvelut/julkaisut/2013_julkaisut/merima).

Mokhtarian, P., Chen, C. 2004. TTB or not TTB, that is the question: a review and analysis of the empirical literature on travel time (and money) budgets. Transport research part A: Policy and practice, vol. 38, issues 9-10, pp. 643-675.

Motiva 2015. Energian kokonaiskulutus.
(http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto suomessa/energian_kokonaiskulutus).

Nykänen, V., Lahti, P., Knuuti, A., Kurvinen, A., Niemi, O. & Vihola, J. 2012 Tammelan täydennysrakentamisen edullisuus. Asiakasraportti, VTT-CR-04035-12.
(<http://www.tampere.fi/material/attachments/t/6CLLGGQsG/tammelantaydennysrakentamisedullisuus2012.pdf>).

Nylund, N-O., Sipilä, K., Laurikko, J., Tamminen, S., Sipilä, E., Mäkelä, K., Hannula, I. ja Honkatukia, J. 2015. Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Käyttövoimavaihtoehdot ja niiden kansantaloudelliset vaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00752-15.
(http://www.transsmart.fi/files/248/Tutkimusraportti_VTT-R-00752-15_liitteinen.pdf).

OECD/International Transport Forum 2013. Cycling, Health and Safety. OECD Publishing/ITF.
(<http://dx.doi.org/10.1787/9789282105955-en>).

Pöllänen, M., Mäkelä, T., Nykänen, L., Liimatainen, H. ja Mäntynen, J. 2015. Liikenteen markkinat Suomessa. Trafin tutkimuksia XX/2015. (Julkaisematon luonnos)

Rantala, T., Wallander, J. 2012. Joukkoliikenteen edistämiskeinoja – eurooppalaisia esimerkkejä. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2012. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-15_joukkoliikenteen_edistamiskeinoja_web.pdf).

Rintamäki, J., Ansio, V., Airaksinen, N., Tikkanen, M., Kaskinen, T., Ritola, M., Lahtinen, V., Rechart, P., Sokero, M., Tarvainen, A., Vesanen, V., Tarvainen, J. 2015. Sähköavusteisten polkupyörien tiekartta – Kulkumuodon mahdollisuudet kestävän liikennejärjestelmän edistämiseksi. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 10/2015.

Rintamäki, J., Ansio, V. 2013. Omakyyti – kimppakyytipalveluiden kysyntä-, markkina- ja lainsäädäntöselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2013. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2013-50_omakyyti_web.pdf).

Ristimäki, M., Oinonen, K., Tiitu, M., Helminen, V., Heikkilä, J., Merisalo, M., Annala, T., Kalenoja, H. 2015. Työmatkakuluvähennyksen yksinkertaistaminen - kilometriperusteinen matkakuluvähennys ja sen arvioidut vaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2015. (<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/154287>).

Sandberg, S., Næss, P. 1997. Modal split and travel times in the western NSB corridor in Oslo. Trafikdage 1997. (http://www.trafikdage.dk/td/papers/paper97/tr_og_st/lyssan/lyssan.pdf).

Santos, G., Maoh, H., Potoglou, D., von Brunn, T. 2013. Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities. Journal of Transport Geography, Vol. 30, pp. 127–137.

Schafer, A., Victor, D. 2000. The future mobility of the world population. Transport research part A: Policy and practice, vol. 34, issue 3, pp. 171-205.

Seppälä, T. 2013. Täydennysrakentamisen haasteet ja talous-, energia- ja ympäristövaikutukset. Lisensiaatintyö, Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.

Tampereen kaupunki 2015. Tampereen kaupunki kannustaa työntekijöitään kimppakyyteihin. (<http://www.tampere.fi/tampereinfo/projektit/kaupunkikonserninhanke/eco2-hanke/hankeet/tziip-kimppakyytisovellus.html>).

Tietilasto 2013. Liikenneviraston tilastoja 4/2014. (http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-04_tietilasto_2013_web.pdf).

Tilastokeskus 2014. Liikennetilastollinen vuosikirja 2014. Suomen virallinen tilasto. Liikenne ja matkailu 2014.

Tilastokeskus 2015a. Kasvihuonekaasut. (<http://stat.fi/til/khki/index.html>).

Tilastokeskus 2015b. Väestöennuste. (<http://stat.fi/til/vaenn/index.html>).

Tilastokeskus 2015c. Kuorma-autoliikenteen suoritteet kotimaan liikenteessä ajoneuvon käytön mukaan vuonna 2013. (http://stat.fi/til/kttav/2013/kttav_2013_2014-05-08_tau_001.fi.html).

Tilastokeskus 2015d. Kotitalouksien kulutus. (<http://www.stat.fi/til/ktut/>).

Tiikaja, H., Kalenoja, H. 2010. Henkilöauton ajokortin haltijaryhmät. Ennuste ajokortin haltijoista vuosille 2010-2040. Trafín julkaisu 3/2010.

Ilmastopaneeli

(http://www.trafi.fi/filebank/a/1322215719/51e1ab821ed556e25105735eee995cce/1666-Trafi3-2010Henkiloauton_ajokortin_haltijaryhmat.pdf).

Toiskallio, K., Kunnas, J., Talja, M., Kuukka-Ruotsalainen, V. 2013. Autojen yhteiskäytön edistäminen Helsingin seudulla. HSL:n julkaisuja 18/2013.

(https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/autojen_yhteiskayton_edistaminen_18_2013.pdf).

TRAST 2004. Trafik för en attraktiv stad.

(http://www.trafikverket.se/contentassets/de025c2321a345a4ac6d37f8a7a15317/trast_trafik_for_en_alternativ_stad.pdf).

Tuominen, A., Tervonen, J., Järvi, T., Mäkelä, K., Liimatainen, H., Nykänen, L. ja Rehunen A. 2015. Liikenteen energiatehokkuustoimenpiteet osana EU:n 2030 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamista: vaikutukset, kustannukset ja työnjako. Valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoiminta 14/2015.

Vaismaa, K., Rantala, T., Karhula, K., Luukkonen, T., Metsäpuro, P., Mäntynen, J. 2011. Pyöräilyn ja kävelyn edistäminen Suomessa. Toimenpidesuosituksia kaupungeille. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne. (<http://www.tut.fi/verne/pyorailyn-ja-kavelyn-edistaminen-suomessa/>).

VATT 2014. Kansantalouden kehitys vähähiiliskenaarioissa. Low Carbon Finland 2050 –platform – hankkeen loppuratportti. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. VATT Tutkimukset 178/2014.

(http://vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/t178.pdf).

VR Group 2015. Juna – ilmastoystävällinen valinta.

(<http://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/vastuullisuus/ymparisto/ilmastonmuutoksen-hillinta/>).

Yle 2015. Yhteiskäyttöautojen uudet valtit: pienet päästöt ja lähtö kotiovelta. Uutinen 3.6.2015.

(http://yle.fi/uutiset/yhteiskayttoautojen_uudet_valtit_pienet_paastot_ja_lahto_kotiovelta/8042040).

LIITTEET

Liite 1: Taustaoletukset business as usual -skenaariossa	55
Liite 2: Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähennystoimenpiteiden vaikutuksia.....	61
Liite 3. Toimivan yhdyskuntarakenteen suunnittelu.....	64
Liite 4. Täydennysrakentaminen.....	67
Liite 5. Palvelujen ja työpaikkojen hyvä sijoittuminen yhdyskuntarakenteeseen	70
Liite 6. Alueiden omavaraisuuden ja resurssitehokkuuden lisääminen.....	73
Liite 7. Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen	75
Liite 8. Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvattaminen.....	78
Liite 9. Henkilöautojen käyttötapojen muutos.....	81
Liite 10. Ajoneuvojen energiankulutuksen pienentäminen	83
Liite 11. Vaihtoehtoiset polttoaineet ja käyttövoimat	86
Liite 12. Kilometriverso, romutuspalkkio ja polttoaineveron kiristäminen.....	90
Liite 13. Tavarankuljetusten päästöjen vähentäminen	94

LIITE 1: TAUSTAOLETUKSET BUSINESS AS USUAL - SKENAARIOSSA

Väestö

Väestön osalta ennakoidaan 6-vuotiaiden ja sitä vanhempien asukkaiden määrää alueittain. Nykytilan tieto on saatu Tilastokeskuksen väestörakennetilastosta ja vuoden 2030 ennuste Tilastokeskuksen kunnittaisesta väestöennusteesta. Vuodella 2050 Tilastokeskus ennakoi väestön kokonaismäärää, mutta ei määriä alueittain tai ikäluokittain, joten käytetty alueittainen ennuste on tutkimusryhmän arvio (Taulukko 9).

Taulukko 9. Väestöennuste alueittain.

6-vuotiaat ja sitä vanhemmat (milj. henkilöä)	2011	2030	2050
Pääkaupunkiseutu	1,309	1,558	1,7
Suuret kaupunkiseudut	1,312	1,498	1,6
Keskisuuret kaupunkiseudut	1,097	1,154	1,2
Pienet seutukunnat	1,305	1,253	1,2
Yhteensä	5,022	5,463	5,7

Matkaluku

Matkaluvut eivät BAU-skenaariossa muutu vuodesta 2011. Alueittaiset matkaluvut ovat vuosina 2030 ja 2050 taulukon 10 mukaiset.

Taulukko 10. Matkaluvut alueittain.

Matkaluku (kpl/vuosi/hlö)	Seutukuntien sisäiset matkat	Seutukuntien väliset matkat	Ulkomaan matkat	Yhteensä
Pääkaupunkiseutu	946	46	3,4	995
Suuret kaupunkiseudut	967	66	2,1	1035
Keskisuuret kaupunkiseudut	928	80	1,9	1010
Pienet seutukunnat	972	117	1,7	1091

Kulikutapajakauma

Kulikutapajakaumat eivät myöskään muutu BAU-skenaariossa vuodesta 2011. Alueittaiset kulikutapajakaumat ovat myös vuosina 2030 ja 2050 taulukon 11 mukaiset.

Taulukko 11. Kuljutapajakaumat alueittain seutukuntien sisäisillä matkoilla.

Kuljutapaosuus (% matkoista)	Seutukuntien sisäiset matkat			
	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupunkiseudut	Keskisuuret kaupunkiseudut	Pienet seutukunnat
Kävely	26,1 %	24,3 %	20,7 %	19,9 %
Pyöräily	6,3 %	9,6 %	10,4 %	9,0 %
Henkilöauto	48,9 %	56,3 %	62,7 %	63,2 %
Linja-auto	9,1 %	5,3 %	2,4 %	1,7 %
Muu tieliikenne	2,4 %	4,4 %	3,7 %	5,7 %
Raideliikenne	7,2 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %
Lentoliikenne				
Vesiliikenne	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %

Seutukuntien välisessä ja ulkomaan liikenteessä kuljutapajakuma muuttuu hieman, koska alueittainen väestömäärä muuttuu, vaikka kunkin alueen asukkaiden kuljutapajakauma pysyykin vuoden 2011 mukaisena (Taulukko 12).

Taulukko 12. Kuljutapaosuudet seutukuntien välisillä ja ulkomaan matkoilla.

Kuljutapaosuus (% matkoista)	Seutukuntien väliset matkat			Ulkomaan matkat		
	2011	2030	2050	2011	2030	2050
Kävely	3,8 %	3,8 %	3,9 %			
Pyöräily	1,7 %	1,6 %	1,6 %			
Henkilöauto	78,7 %	78,3 %	78,2 %	21,6 %	20,9 %	20,5 %
Linja-auto	4,5 %	4,5 %	4,5 %	7,3 %	7,2 %	7,1 %
Muu tieliikenne	4,2 %	4,1 %	4,0 %	1,7 %	1,7 %	1,7 %
Raideliikenne	4,6 %	4,8 %	4,9 %	3,1 %	3,2 %	3,3 %
Lentoliikenne	1,8 %	1,9 %	2,0 %	50,4 %	51,1 %	51,5 %
Vesiliikenne	0,8 %	0,9 %	0,9 %	15,8 %	15,8 %	15,9 %

Keskimatkat kuljutavoittain

Keskimatkatkin pysyvät pääsosan muuttumattomina vuoden 2011 tasolla. Joidenkin seutukuntien sisäisillä matkoilla henkilöautojen keskimatka muuttuu hieman. Keskimatkat 2030 ja 2050 ovat taulukon 13 mukaiset.

Taulukko 13. Keskimatkat alueittain seutukuntien sisäisillä matkoilla.

Keskimatka (km)	Seutukuntien sisäiset matkat			
	Pääkaupunkiseutu	Suuret kaupunkiseudut	Keskisuuret kaupunkiseudut	Pienet seutukunnat
Kävely	1,4	1,5	1,6	1,6
Pyöräily	3,7	3,3	2,8	2,6
Henkilöauto 2011	10,6	9,9	9,6	9,2
Henkilöauto 2030	10,6	9,9	9,4	9,1
Henkilöauto 2050	10,6	9,8	9,2	9,0
Linja-auto	10,6	8,4	11,0	11,2
Muu tieliikenne	13,7	8,0	10,4	10,2
Raideliikenne	11,7	40,0		1,7
Lentoliikenne				
Vesiliikenne	3,3	20,0	9,8	9,8

Seutukuntien välisessä ja ulkomaan liikenteessä keskimatkat muuttuvat hieman, koska alueittainen väestömäärä muuttuu, vaikka kunkin alueen asukkaiden keskimatkat pysyvätkin vuoden 2011 mukaisena (Taulukko 14).

Taulukko 14. Keskimatkat seutukuntien välisillä ja ulkomaan matkoilla.

Keskimatka (km)	Seutukuntien väliset matkat			Ulkomaan matkat		
	2011	2030	2050	2011	2030	2050
Kävely	2,6	2,7	2,7			
Pyöräily	4,2	4,4	4,6			
Henkilöauto	85,4	87,1	88,1	345,1	341,7	339,7
Linja-auto	96,4	97,4	98,2	380,0	378,2	377,4
Muu tieliikenne	74,2	74,9	75,3	364,0	361,0	359,3
Raideliikenne	187,1	188,0	188,4	348,0	345,4	343,8
Lentoliikenne	170,1	165,3	162,7	3074,6	3052,1	3041,0
Vesiliikenne	54,7	53,5	52,9	456,2	451,5	448,9

Henkilöautojen keskikuormitus ja uusien henkilöautojen energiankulutus, määrä, käyttöikä ja käyttövoimajakauma

Henkilöautojen keskikuormitus on BAU-skenaariossa vuosina 2030 ja 2050 sama kuin vuonna 2011, jolloin se HLT-aineiston perusteella oli 1,84 henkilöä/matka.

Uusien henkilöautojen keskimääräisen hiilidioksidipäästötaso oli vuonna 2013 Suomessa 132 g/km, mikä oli jo lähellä EU:n vuoden 2015 tavoitetta 130 g/km. Tämän oletetaan BAU-skenaariossa laskevan EU:n uusille henkilöautoille asettamien tavoitteiden mukaisesti tasolle 95 g/km (bensiniäutolle 4,0 l/100km) vuonna 2021, mikä edellyttää noin 3,6 % vähenemää energiankulutukseen vuosittain 2013–2021.

Vuoden 2021 jälkeen energiankulutus ei enää laske, mutta käyttövoimien osuuksien muutoksen myötä uusien autojen CO₂-päästötaso laskee noin tasolle 91 g/km vuonna 2030 ja 80 g/km vuonna 2050.

Uusien henkilöautojen ensirekisteröintien määrä oli 103450 autoa vuonna 2013. Tämän ennakoitaan nousevan lineaarisesti 120000 autoon vuonna 2030 ja pysyvän tällä tasolla vuoteen 2050 asti. Vastaavasti käytettynä maahantuotuja autoja oli 21674 autoa vuonna 2013 ja tämä ennakoitaan nousevan 25141 autoon vuodesta 2030 eteenpäin. Uusien autojen keskimääräisen käyttöiän puolestaan oletetaan olevan 19 vuotta koko tarkastelujakson ajan. Vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymisestä esitetään kansainvälisissä ja kotimaisissa tutkimuksissa hyvin erilaisia skenaarioita. Tässä BAU-skenaariossa käytettyjä osuuksia on ennakoitu useisiin lähteisiin verraten (LVM 2015; LVM 2013a; Kay et al. 2013; AEA 2012.) Käyttövoimajakautuksen ennakoitaan muuttuvan taulukossa 15 esitetyllä tavalla. Muutokset vuosien välillä ovat lineaarisia.

Taulukko 15. Uusien henkilöautojen käyttövoimajakautus.

Uusien autojen käyttövoimajakautus	2013		2030		2050	
	Määrä	Osuus	Määrä	Osuus	Määrä	Osuus
Bensiini	64129	62,0 %	46560	38,8 %	33600	28,0 %
Flex-fuel (benssiini ja etanoli)	414	0,4 %	6000	5,0 %	12000	10,0 %
Diesel	38587	37,3 %	42000	35,0 %	30000	25,0 %
Kaasu	103	0,1 %	10800	9,0 %	12000	10,0 %
Plug-in hybridi (sähkö ja benssiini)	103	0,1 %	6000	5,0 %	12000	10,0 %
Plug-in hybridi (sähkö ja diesel)	62	0,06 %	6000	5,0 %	12000	10,0 %
Sähkö	52	0,05 %	2400	2,0 %	6000	5,0 %
Vety	0	0,00 %	240	0,2 %	2400	2,0 %
Yhteensä	103450	100 %	120000	100 %	120000	100 %

Muiden liikennemuotojen energiatehokkuus

Muiden liikennemuotojen kuin henkilöautojen osalta energiatehokkuuden kehitystä ennakoitaan yksinkertaistetusti suoraan energiatehokkuuden (hkm/kWh) muutoksena vuoteen 2011 verrattuna. BAU-skenaariossa energiatehokkuuden ennakoitaan paranevan 10 % vuoteen 2030 ja 20 % vuoteen 2050 mennessä (Taulukko 16).

Taulukko 16. Energiatehokkuus muissa henkilöliikennemuodoissa.

	2011		2030		2050	
	Seutukuntien sisäinen liikenne	Seutukuntien välinen liikenne	Seutukuntien sisäinen liikenne	Seutukuntien välinen liikenne	Seutukuntien sisäinen liikenne	Seutukuntien välinen liikenne
Linja-autot	4,6	5,0	4,9	5,5	5,3	6,0
Muu tieliikenne	1,7	1,6	1,9	1,8	2,0	2,0
Raideliikenne	10,6	15,8	11,1	17,4	12,1	19,0
Lentoliikenne		1,2		1,4		1,5
Vesiliikenne	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,5

Energian hiilidioksidisisältö

Energian hiilidioksidisisällön kehitystä ohjaa BAU-skenaariossa biopolttoaineiden jakeluvuote, jonka mukaan biopolttoaineiden osuuden tulee olla 20 % energiasta vuonna 2020. Osa tästä on ns. tuplalaskettavia toisen sukupolven biopolttoaineita, joten todellinen tässä käytetty biopolttoaineiden osuus on 12,5 % bensiinin ja dieselin energiasisällöstä. Bensiinin hiilidioksidisisältö on siten noin 0,193 kg/kWh ja dieselin 0,231 kg/kWh vuonna 2020. Osuuden ei BAU-skenaariossa ennakoita muuttuvan vuoden 2020 jälkeen. Maakaasun osalta hiilidioksidisisältö on 0,2 kg/kWh.

Muiden kulkutapojen osalta raideliikenteen oletetaan olevan täysin sähkövetoista ja sähköntuotannon päästötöntä. Lento- ja vesiliikenteessä biopolttoaineiden osuuden ennakoitaan kasvavan hitaammin kuin tieliikenteessä. Lentoliikenteessä energian CO₂-sisältö on 0,25 kg/kWh 2030 ja 0,24 kg/kWh 2050. Vesiliikenteessä 0,26 kg/kWh 2030 ja 0,25 kg/kWh 2050.

Biopolttoaineiden tuotannon päästöjä ei lasketa liikennesektorille, vaan bio-osuus on laskettu päästöttömäksi. Tuotannon päästöistä esitetään kuitenkin arvio skenaarion tuloksissa.

Kuorma-autokuljetukset

Kuorma-autokuljetusten kuljetussuoritteiden ennakoitaan BAU-skenaariossa kasvavan Liikenneviraston (2014) ennusteen mukaisesti nykyisestä 21 mrd. tonnikilometristä tasolle 25,7 mrd. tkm 2030 ja 29,6 mrd. tkm 2050. Toimialojen kehitys vaikuttaa voimakkaasti tiekuljetusten päästöihin, koska eri toimialoilla on erilaiset kuljetustarpeet. Toimialojen taloudellisen kehityksen ennakoitiin perustuu VATT:n (2014) ennusteeseen, jossa toimialajako on hieman erilainen, joten ennustetta ei voitu käyttää suoraan. Toimialojen arvonlisäykset ja kuljetussuoritteet ovat taulukon 17 mukaiset:

Taulukko 17. Toimialojen arvonlisäys ja kuorma-autokuljetussuorite BAU-skenaariossa.

	2013		2030		2050	
	Arvonlisäys M€	Kuljetussuorite Mtkm	Arvonlisäys M€	Kuljetussuorite Mtkm	Arvonlisäys M€	Kuljetussuorite Mtkm
Maatalous, elintarvike ja kauppa	21609	3466	31248	4463	44640	5529
Metsätalous ja -teollisuus	7367	5880	9615	6834	10302	6349
Teknologiateollisuus	13588	2649	16826	2921	22320	3360
Rakentaminen	11336	3362	16826	4444	24037	5505
Muut	117793	5610	165855	7034	242087	8903
Yhteensä	171693	20967	240370	25695	343386	29646

Tyhjänä ajon, keskikuormien ja keskikulutuksen ennakoitaan BAU-skenaariossa muuttuvan aiempien asiantuntijaennusteiden (Liimatainen et al. 2012) mukaisesti vuoteen 2030 ja keskikulutuksen ennakoitaan jatkavan kehitystä vuoteen 2050. Tyhjänä ajon kehityksen ennakoitaan taittuvan vuoteen 2050 mennessä. Biopolttoaineiden osuuden ennakoitaan kehittyvän, kuten henkilöliikenteessä, eli dieselin energiasisällöstä 12,5 % on biopolttoaineita vuodesta 2020 eteenpäin. BAU-skenaariossa mukaiset arvot on koottu taulukkoon 18:

Taulukko 18. Kuorma-autokuljetusten indikaattorien arvot BAU-skenaariossa.

	Tyhjänä ajo (% liikennesuoritteesta)	Keskikuorma (t)	Keskikulutus (l/100km)	Biopolttoaineen osuus (% energiasta)
2013	26,1 %	10,8	36,1	6 %
2030	20,9 %	12,6	32,0	12,5 %
2050	20,0 %	12,3	27,3	12,5 %

Muut kuljetusmuodot

Pakettiautokuljetusten osalta liikennesuoritteiden ennakoitaan kasvavan Liikenneviraston (2014) ennusteen mukaisesti 6 % vuoteen 2030 ja 8 % vuoteen 2050. Energiankulutuksen ennakoitaan BAU-skenaariossa pienenevän 11 % vuoteen 2030 mennessä (1,2 kWh/km) ja edelleen 26 % vuoteen 2050 mennessä (1,0 kWh/km) vuoden 2011 tasosta (1,4 kWh/km). Pakettiautojen päästöjen vähentämistä ohjaa osaltaan EU:n päästönormit uusille pakettiautoille, jotka edellyttävät päästötasoa 147 g/km (n. 0,6 kWh/km) vuonna 2020. Todelliseen kulutukseen vaikuttaa kuitenkin olennaisesti autojen käyttötapa ja kuormitusaste. Biopolttoaineiden osuuden ennakoitaan kehittyvän, kuten henkilöliikenteessä, eli dieselin energiasisällöstä 12,5 % on biopolttoaineita vuodesta 2020 eteenpäin. Päästöt ovat siten 0,7 Mt vuonna 2030 ja 0,6 Mt vuonna 2050.

Raidekuljetusten oletetaan olevan päästöttömiä vuosina 2030 ja 2050. Tämä edellyttää koko rataverkon sähköistystä ja myös vaihtotyökaluston sähköistämistä, mutta Suomen rataverkosta suurin osa on jo sähköistetty. Vesikuljetusten päästöjen oletetaan pysyvän nykytasolla 0,5 Mt vuosina 2030 ja 2050, vaikka energiankulutus kasvaakin ILARI-baselinekehityksen mukaisesti (LVM 2013a). Lentokuljetusten päästöjen oletetaan sisältyvän henkilöliikenteen päästöihin.

LIITE 2: LIIKENTEEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENNYSTOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSIA

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 19) on esitelty liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähennystoimenpiteitä. Taulukkoon on koottu tärkeimmät indikaattoreiden muutokset, kumulatiiviset henkilöliikenteen CO₂-päästöjen ja energiankulutuksen muutokset, tärkeimmät politiikkatoimenpiteet sekä toimenpiteiden yhteiskunnalliset kustannukset ja säästöt, joiden perusteella on laskettu yhteiskunnalliset kustannukset vähennettyä hiilidioksiditonnia kohti. Energiansäästön laskennassa on käytetty bensiinille ja dieselille hinnaksi 0,5 €/l, etanolille ja uusiutuvalle dieselille 0,8 €/l, kaasulle 1 €/kg, sähkölle 0,1 €/kWh ja vedylle 5 €/kg (arvioita mm. lähteeseen Nylund et al 2015 perustuen). BAU-skenaarion mukaisilla käyttövoimien ja biopolttoaineiden osuuksilla energian kokonaishinta on keskimäärin 0,063 €/kWh. Laskennassa on käytetty diskonttauskorkona 3 %.

Useissa toimenpiteissä päästövähennysten kustannukset ovat negatiiviset, toisin sanoen näissä toimenpiteissä energiansäästö ja muut hyödyt ovat toimenpiteiden kustannuksia suuremmat. Yhteiskunnalle kannattavin toimenpide on siirtyminen yksityisestä henkilöautoilusta sosiaaliseen lisäämällä kimpakyytejä ja yhteiskäyttöautoja. Kimppakyydit parantavat henkilöautoilun energiatehokkuutta ilman lisäkustannuksia ja yhteiskäyttöautot pienentävät autokantaa ja vähentävät siten henkilöautojen kiinteitä vuosittaisia kustannuksia. Hyvin kannattavia ovat myös yhdyskuntarakenteen kehittymistä ohjaavat toimenpiteet, joissa kustannuksia aiheutuu lähinnä parhaiden käytäntöjen levittämisestä. Kulutusapojen osuuksiin vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn infrastruktuurin kehittämistoimenpiteet ovat myös yhteiskunnallisesti kannattavia, koska niihin liittyy kansanterveydellisiä hyötyjä. Joukkoliikenteen infrastruktuurin kehittämisessä painottuvat raidehankkeet, jotka ovat kalliita, mutta joiden liikenneturvallisuutta edistävä vaikutus on myös suuri. Tekniset toimenpiteet aiheuttavat yhteiskunnalle kustannuksia, koska sekä autojen energiankulutuksen pienentämiseen että vaihtoehtoisten polttoaineiden ja ajoneuvojen käyttöönottoon liittyy korkeita kustannuksia. Teknisillä toimenpiteillä on kuitenkin saavutettavissa suuret päästövähennykset. Taloudellisten ohjauskeinojen vaikutukset ovat yksittäisinä hyvin pieniä, mutta ne voidaan nähdä tehostavina ohjauskeinoina muiden toimenpidetekonaisuuksien yhteydessä.

Taulukko 19. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämisen toimenpiteitä.

Toimenpidekokonaisuus	Indikaattoreiden muutos vrt. BAU vuonna 2050	Kumulatiivinen CO ₂ -päästö- ja energiankulutusvähenemä vrt. BAU 2015–2050	Kustannukset ja säästöt ja € per vähennetty CO ₂ -tonni	Politiikkatoimenpiteitä
Toimivan yhdyskuntarakenteen suunnittelu	Seutukuntien sisäisillä matkoilla kävelyn pyöräilyn ja joukkoliikenteen kulkutapaosuus +30 %	7,0 Mt (33,5 TWh)	220 milj. €, energiansäästö 1,1 mrd. €, yht. -120 €/t (lisäksi terveyshyötyjä ja autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä)	Maankäytön, asumisen, liikenteen, palvelujen ja elinkeinojen yhteen sovittaminen kaupunkiseuduilla, uuden rakentamisen suuntaaminen jalankulku- ja joukkoliikenneväylyille, parhaiden käytäntöjen levittäminen, taloudelliset ohjaukeinot
Täydennysrakentaminen	Henkilöautomatkojen keskipituus laskee 4-12 % seutukuntien sisäisillä matkoilla	2,7 Mt (12,2 TWh)	110 milj. €, energiansäästö 0,4 mrd. €, yht. -100 €/t (lisäksi terveyshyötyjä ja autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä)	Täydennysalueet kaavoituksessa, kuntien aktiivinen maapolitiikka, autopaikkannormien alentamisen, sääntelyn keventäminen
Työpaikkojen ja palvelujen sijoittuminen	Seutukuntien sisäisillä matkoilla kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuus kasvaa 10 % ja joukkoliikenteen 50 %	3,4 Mt (16,6 TWh)	120 milj. €, energiansäästö 0,5 mrd. €, yht. -120 €/t (lisäksi terveyshyötyjä ja autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä)	Työpaikka-alueiden kaavoitus joukkoliikenteen solmukohtiin, julkisten ja yksityisten palvelujen saavutettavuutta tukevat ja ennakoivat sijaintiratkaisut
Alueellinen omavaraisuus ja resurssitehokkuus	Seutukuntien välisten matkojen määrä puolittuu ja matkat korvautuvat seutukuntien sisäisillä matkoilla	12 Mt (60,5 TWh), kuljetusten päästöt voivat myös vähentyä merkittävästi	suuret investoinnit paikalliseen tuotantoon, energiansäästö 1,9 mrd. €	Paikallisten ratkaisujen tukeminen
Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen	Kävelyn kulkutapaosuus kaupunkiseuduilla 22→26 % Pyöräily 8→16 %	8,3 Mt (41,2 TWh)	4,3 mrd. €, energiansäästö 1,3 mrd. € + kansanterveydelliset hyödyt 2,6 mrd. €, yht. 60 €/t (lisäksi autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä)	Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmat, pyöräväylät
Joukkoliikenteen edistäminen	Linja-autojen ja raideliikenteen kulkutapaosuus 7→14 %	4,3 Mt (14,4 TWh)	> 2,6 mrd. €, energiansäästö 0,5 mrd. € + liikennekuolemien ja loukkaantumisten ja päästökustannusten vähenemisen säästö 1,5 mrd. €, yht. >150 €/t (lisäksi autojen hankinnan ja kiinteiden kustannusten säästöjä)	Kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmat, nopeuttaminen (raideinfrastruktuuri ja joukkoliikenneväylät), palvelutason parantaminen
Yksityisestä sosiaalisesta autoiluun	Henkilöautojen keskikuormitus +5 % ja käyttöikä -3 v (19→16, 0,4 milj. autoa vähemmän)	2,5 Mt (13,3 TWh)	375 milj. €, energiansäästö 0,4 mrd. € + säästö autojen kiinteissä kustannuksissa 2,4 mrd. €, yht. -970 €/t	Verohelpotukset, omat maksuttomat pysäköintipaikat

Ilmastopaneeli

Toimenpidekokonaisuus	Indikaattoreiden muutos vrt. BAU vuonna 2050	Kumulatiivinen CO ₂ -päästö- ja energiankulutusvähenemä vrt. BAU 2015–2050	Kustannukset ja säästöt ja € per vähennetty CO ₂ -tonni	Politiikkatoimenpiteitä
Henkilöautojen energiakulutuksen pienentäminen	Uusien autojen keskimääräinen CO ₂ -päästö 95 → 68 g/km (muutos vuosina 2021-2030)	13,6 Mt (58,5 TWh)	4,3 mrd. €, energiansäästö 1,6 mrd. €, yht. 200 €/t	EU-päästörajat uusille autoille, CO ₂ -perusteinen verotus
Uusiutuva diesel	Uusiutuvan dieselin osuus dieselin energiasisällöstä henkilöliikenteessä 12,5→40 %	8,1 Mt (muille sektoreille kohdistuva lisäpäästö 2,9 Mt) (0 TWh)	430 milj. €, ei energiansäästöä, yht. 54 €/t	Jakeluvelvoite, uusiutuvan kriteerien määrittely
Sähkö- ja vetyautot	Sähkö- ja vetyautojen osuudet uusista autoista 2,2→25 % 2030 ja 7→65 % 2050	15,2 Mt (muille sektoreille kohdistuva lisäpäästö 5,8 Mt) (30,7 TWh)	6,8 mrd. €, energiansäästö 0,2 mrd. €, yht. 440 €/t	CO ₂ -perusteinen verotus, infrastruktuurin kehittäminen
Kilometriverso	Auton käyttöön perustuvan ja alueittain porrastetun kilometriverson käyttöönotto 2017	2,7 Mt (7,8 Mt)	3,0 mrd. €, energiansäästö 0,2 mrd. €, onnettomuuskustannusten säästö 1,4 mrd. €, yht. 550 €/t	Auto- ja ajoneuvoveron korvaaminen kilometriversolla
Romutuspalkkio	20000 auton romutus ja uusien autojen päästöjen aleneminen 2017	0,06 Mt (0,3 TWh)	30 milj. €, energiansäästö 15 milj. €, yht. 250 €/t	Romutuspalkkiokokeilun jatkaminen
Polttoainevero	10 % korotus bensiinin ja dieselin hintaan vuonna 2017	3,7 (n. 3 TWh)	2,3 mrd. €, yht. 1090 €/t	Polttoaineveron CO ₂ -osuuden nostaminen
Tavarankuljetusten tehostaminen	Kuorma-autokuljetusten tyhjänä ajo 20→15 % keskikuorma 12,3→15,9 t keskikulutus 27,3→24,8 l/100km	Kuorma-autokuljetusten päästöjen vähenemä 8,1 Mt (35,3 TWh)	2,4 mrd. €, energiansäästö 1,1 mrd. €, yht. 140 €/t	Ohjelma parhaiden käytäntöjen levittämiseksi, investointituet, energiatehokkuus-kriteerit julkisissa hankinnoissa, kaupunkiseutujen jakelukeskukset

LIITE 3. TOIMIVAN YHDYSKUNTARAKENTEEN SUUNNITTELU

Kuvaus

Yhdyskuntarakenteella tarkoitetaan työssäkäyntialueen, kaupunkiseudun, kaupungin, kaupunginosan tai muun taajaman sisäistä rakennetta. Se sisältää väestön ja asumisen, työpaikkojen ja tuotantotoiminnan, palvelujen ja vapaa-ajan alueiden sekä näitä yhdistävien liikenneväylien ja teknisen huollon verkostojen sijoittumisen ja niiden keskinäisen suhteen. Toimivassa yhdyskuntarakenteessa eri toiminnot on sijoitettu suhteessa toisiinsa järkevästi, jolloin ne ovat helposti saavutettavissa. Hyvä yhdyskuntarakenne vähentää liikkumistarvetta ja tukee kestäviä liikkumisvalintoja. Lisäksi infrastruktuuria hyödynnetään tehokkaasti.

Toimivan yhdyskuntarakenteen suunnittelussa huolehditaan siitä, että hyviä sijaintipaikkoja hyödynnetään tarkoituksenmukaisesti ja yhdyskuntarakenteellisesti irrallisia kasvusuuntia vältetään. Etenkin kasvavilla kaupunkiseuduilla on tärkeää, että kasvu on hallittua ja suunnitellut alueet toteutuvat oikeassa järjestyksessä. Yhdyskuntarakenteen hajautumista pyritään välttämään ja erityisesti kiinnitetään huomiota siihen, ettei suunnittelematon kehitys vie edellytyksiä toimivan yhdyskuntarakenteen tulevalta kehittämiseltä. Hyvä suunnittelu ja hallittu kaupungistumiskehitys mahdollistaa harkitut ja kustannustehokkaat investoinnit liikenneverkkoon ja teknisiin verkostoihin.

Yhdyskuntarakenteen toimivuus kaupunkiseutujen työssäkäynti- ja asiointialueilla on keskeisimpiä suunnittelykysymyksiä. Kaupunkiseudut koostuvat yleensä useista eri kunnista, jolloin on tärkeä löytää keinoja sovittaa yhteen kuntien suunnittelua ja ohjata seudun yhdyskuntarakennetta kokonaisuutena. Kuntien toisistaan poikkeavat tavoitteet ja keskinäinen kilpailu voivat tuottaa koko seudun yhdyskuntarakenteen kannalta huonoja ratkaisuja. Tärkeää on myös eri toimialojen välinen yhteistyö, esimerkiksi maankäytön, liikenteen, asuntopoliitikan ja palvelujen toteuttamisen kytkennät.

Asukasmäärältään vähenevillä alueilla yhdyskuntarakenteen kehittämisen painopisteenä on elinvoimaisuuden vaaliminen ja kestävä supistumiskehitys, johon kuuluu esimerkiksi aiemmin laadittujen ylimitoitettujen suunnitelmien hallittu karsiminen.

Yhdyskuntarakenteen toimivuuden parantamista voidaan tukea myös erilaisilla taloudellisilla ohjaukeinoilla, jotka vaikuttavat kulkutapa- ja liikuntapaikoihin sekä välillisesti asukkaiden ja yritysten sijaintipäätösten kautta myös liikkumistarpeeseen. Yhdyskuntarakenteeseen selkeästi vaikuttava ohjaukeino on työmatkakulujen verovähennykäytäntö, joka nykymuodossaan on mahdollistanut hakeutumisen asumaan entistä kauemmas työpaikasta ja heikosti joukkoliikenteellä saavutettaville alueille, koska tällöin saa korkeamman, oman auton käytön perusteella lasketun vähennyksen. Verovähennyksen laskentaperusteen muuttaminen pelkästään kilometripohjaiseksi tukisi joukkoliikenteen käyttöä työmatkoilla, kannustaisi asukkaita hakeutumaan hyvien joukkoliikenneyhteyksien äärelle ja vähentäisi näin yhdyskuntarakenteen hajautumista (Ristimäki ym. 2015). Myös ruuhkamaksun käyttöönoton avulla voitaisiin ainakin Helsingin seudulla edesauttaa yhdyskuntarakenteen toimivuutta, lisätä joukkoliikenteen kilpailukykyä ja vähentää tätä kautta päästöjä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011).

Vaikutukset indikaattoreihin

Toimivassa yhdyskuntarakenteessa monet arkimatkat ovat lyhyitä ja kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen kulkutapaosuudet voivat olla korkeita. Yhdyskuntarakenteellisesti hyvissä sijainneissa seudun sisäisen henkilöliikenteen henkilöautosuorite on jopa alle puolet verrattuna huonoihin sijainteihin.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Mikäli kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen kulkutapaosuudet olisivat seutukuntien sisäisessä liikenteessä 30 % korkeammat kuin BAU-skenaariossa, henkilöliikenteen CO₂-päästöt olisivat 10 % (0,4 Mt) pienemmät vuonna 2050. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nollassa vuonna 2015 0,4 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 7 Mt.

Kustannukset

Pitkjänteinen maankäyttöpolitiikka tuo taloudellista hyötyä kunnalle ja mahdollistaa laadukkaan elinympäristön kehittämisen. Toimiva yhdyskuntarakenne tuo säästöjä infrastruktuurin rakentamisessa ja ylläpidossa sekä palvelujen järjestämisessä. Suunnitelmallisuus vähentää riskiä infrastruktuurin jäämisestä vajaakäyttöön. Liikkumistarpeen väheneminen tuo säästöjä asukkaille. Eurooppalaisessa selvityksessä toimivalla maankäytöllä saavutettujen päästövähennysten kustannuksiksi julkiselle sektorille on arvioitu 31 €/t, kun kustannus muodostuu lähinnä parhaita käytäntöjä levittävä ohjelman ylläpidosta (Schade et al. 2011). Tällä kustannustasolla kokonaiskustannukset olisivat noin 220 milj. €, mutta energian säästöstä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 1,1 mrd. €, kun oletetaan säästöjen kasvavan lineaarisesti, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee -150 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle erittäin kannattava.

Politiikkatoimet

Toimivan yhdyskuntarakenteen suunnitteluun kuuluu seudullinen suunnittelu sekä maankäytön, asumisen, liikenteen, palvelujen ja elinkeinojen yhteen sovittaminen. Suurimmille kaupunkiseuduille on tarpeellista laatia seudulliset oikeusvaikutteiset yleiskaavat ja liikennejärjestelmäsuunnitelmat, jotka yhdessä tukevat kasvavien kaupunkiseutujen edellytyksiä ekotehokkaalle liikkumiselle, asuntotuotannolle ja elinkeinotoiminnalle. Kasvukäytävillä on kehitettävä maankäyttö- liikenne- ja asuntotuotantoratkaisuja yhteistyönä myös yli maakuntarajojen yhteisten yleissuunnitelmien kautta.

Uusi rakentaminen tulee erityisesti voimakkaimmin kasvavilla seuduilla suunnata pääsääntöisesti yhdyskuntarakenteellisesti hyvin sijaitseville asemakaavoitetuille alueille. Yhdyskuntarakenteen vyöhyketarkastelua, eli jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeiden tunnistamista, sekä palvelujen ja työpaikkojen saavutettavuustarkastelua voidaan käyttää käytännön suunnittelun ja ohjauksen työkaluina edullisten sijaintien hakemisessa. Kuntien pitkjänteisen maapolitiikan ja maapoliittisen keinovalikoiman aktiivisen käytön kautta varmistetaan hyvien sijaintipaikkojen saaminen kaavoitukseen ja rakentamiseen. Asemakaavoitettujen taajamien ulkopuolisten alueiden alueidenkäytön ohjauksessa erotetaan kaupunkiseutujen taajamien kehysalueet ja kaupunkien läheinen maaseutu ydinmaaseudun ja harvaan asutun maaseudun ohjauksesta. Kehysalueilla ja kaupunkien läheisellä maaseudulla tarvitaan tiukempaa rakentamisen ohjaamista kuin muilla maaseutualueilla.

Taloudellisilla ohjaukeinoilla tuetaan toimivan yhdyskuntarakenteen toteutumista. Työmatkakulujen verovähennysoikeus tulisi muuttaa kilometriperusteiseksi.

Epävarmuudet

Eheä yhdyskuntarakenne tuottaa useiden tutkimusten mukaan vähemmän arkiliikkuksen päästöjä. Pitkissä, seutujen välisissä matkoissa yhdyskuntarakenteen vaikutus on vähäisempi.

Hyväkin yhdyskuntarakennetta voidaan käyttää huonosti, tuhlaavasti ja ympäristöä rasittavasti. Yhdyskuntasuunnittelijoiden lisäksi päättäjien, yritysten ja asukkaiden tietoisuus eri toimintojen, asuntojen, työpaikkojen ja palveluiden sijainnista aiheutuvista kustannuksista ja ympäristövaikutuksista on tärkeää.

Lisätietoja

- Heiskanen Eva, Perrels Adriaan, Nissinen Ari, Berghäll Elina, Liesimaa Virpi ja Mattinen Maija (toim.) 2012. Ohjauskeinoja asumisen, henkilöliikenteen ja ruoan ilmastovaikutusten hillintään. Yksityiskohtaiset ohjauskeinokuvaukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2012.
- Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus. Näkökulmia kuntakaavoitukseen. Suomen ympäristö 3/2015. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/154436/SY_3_2015.pdf?sequence=1
- Kaavan vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen. Opas arviointiin. Suomen ympäristö 13/2013. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42312/SY_13_2013.pdf?sequence=4
- Liikenne- ja viestintäministeriö 2011. Helsingin seudun ruuhkamaksu. Jatkoselvitys.
- Næss, Peter 2006. Urban Structure Matters: Residential Location, Car Dependence and Travel Behaviour. Taylor & Francis.
- Newman, Peter & Kenworthy Jeffrey (toim.) 1999. Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence. Island Press.
- Oinonen, Kari, Vesala Satu ja Ristimäki Mika 2013. Rakennetun ympäristön kehityspiirteitä - Alueidenkäytön muutokset 1990- ja 2000-luvuilla. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöministeriön raportteja 12/2013.
- Ristimäki, M., Oinonen, K., Tiitu, M., Helminen, V., Heikkilä, Merisalo, M., Annala, T. & Kalenoja, H. 2015. Työmatkakuluvähennyksen yksinkertaistaminen: Kilometriperusteinen matkakuluvähennys ja sen arvioidut vaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2015.
- Ristimäki Mika, Tiitu Maija, Kalenoja Hanna, Helminen Ville ja Söderström Panu 2013. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Suomessa: Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeiden kehitys vuosina 1985-2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32.
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.
- Ympäristöministeriö 2014. Arviointi maankäyttö- ja rakennuslain toimivuudesta 2013. Ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 1/2014.

LIITE 4. TÄYDENNYSRAKENTAMINEN

Kuvaus

Täydennysrakentamisella tarkoitetaan rakentamista nykyisen yhdyskuntarakenteen osaksi tai sen välittömään läheisyyteen. Täydennysrakentaminen tukeutuu pääosin olemassa olevaan katuverkkoon ja teknisiin verkostoihin. Asumisväljyyden kasvu on laskenut asukastiheyttä monilla taajama-alueilla, mikä on vähentänyt yhdyskuntarakenteen toiminnallista eheyttä. Täydennysrakentaminen tiivistää taajamarakennetta ja tukee joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä ja palvelujen saavutettavuutta.

Täydennysrakentamisen kohteet vaihtelevat alue- ja yhdyskuntarakenteellisen sijainnin mukaan. Painopisteitä ovat keskusta-alueiden ja alakeskusten kehittäminen sekä raideliikenteen asemanseutujen ja liikenteen solmukohtien täydennysrakentaminen. Näiden alueiden ulkopuolella täydennysrakentaminen voi sijoittua myös muille joukkoliikenteeseen tukeutuville alueille tai alueille, joilla arkimatkoja on helppo tehdä jalkaisin tai pyörällä. Täydennysrakentamisen avulla voidaan lisätä joukkoliikennepalvelujen kysyntää, mikä auttaa parantamaan joukkoliikenteen palvelutasoa ja käyttöastetta. Täydennysrakentaminen on toteutettava niin, ettei samalla heikennetä alueiden vahvuuksia, kuten tärkeimpiä viherrakenteen arvoja ja luonnon virkistyskäyttömahdollisuuksia.

Vuosina 2015–2030 rakennetaan arviolta hieman alle puoli miljoonaa uutta asuntoa ja vuoteen 2050 mennessä kaikkiaan lähes miljoona uutta asuntoa. Noin joka neljäs asuntokunta asuu vuonna 2050 asunnossa, joka on rakennettu vuosina 2015–2050. Näiden asuntojen sijoittelulla voidaan vaikuttaa suoraan yhdyskuntarakenteesta aiheutuvaan liikkumistarpeeseen. Täydennysrakentamisen avulla voidaan vaikuttaa lisäksi liikennemuotojen tarjontaan myös jo nyt olemassa olevan asuntokannan osalta, jolloin vaikutuskenttä on uudisrakentamista laajempi.

Vaikutukset indikaattoreihin

Täydennysrakentaminen tukee työ- ja asiointimatkojen säilymistä lyhyinä ja joukkoliikennetarjontaa arkiliikumisessa.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Mikäli henkilöautojen keskimatkat lyhenisivät keskimäärin 8 % seutukuntien sisäisillä matkoilla, henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt olisivat 4 % (0,15 Mt) pienemmät kuin BAU-skenaariossa vuonna 2050. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,15 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 2,7 Mt.

Kustannukset

Osa täydennysrakennettavista kohteista sijaitsee vaikeammin rakennettavilla paikoilla kuin aiemmin rakennetut alueet, mikä kasvattaa rakentamiskustannuksia. Toisaalta infrastruktuurin tehokas käyttö ja lyhyet arkimatkat tuovat säästöjä sekä kunnalle että alueen asukkaille. Vuonna 2008 julkaistun arvion mukaan taajamaa täydentävä rakentaminen on kunnan talouden kannalta edullisempää kuin taajaman ulkopuolinen rakentaminen (Koski 2008). Selvästi kalleimmaksi kunnalle arvioitiin hajarakentamisen myötä suunnittelemattomasti syntyvä kunnallistekniikkaa ja palveluja edellyttävä asutus. Hajarakentamisen kaikki välittömät yhdyskuntataloudelliset eli kunnalle, asukkaille ja valtiolle yhteensä kertyvät kustannukset arvioitiin karkeasti puolitoistakertaisiksi täydennysrakentamiseen verrattuna. Pääosa yhdyskuntataloudellisista kustannuksista kohdentuu asukkaiden maksettavaksi.

Skotlannissa on arvioitu eheämmällä yhdyskuntarakenteella saavutettavien päästövähennysten kustannuksiksi noin 40 €/t, kun kustannukset muodostuvat parhaiden käytäntöjen levittämisestä eikä rakentamiskustannusten kasvua ole otettu huomioon (Atkins 2009). Tällä kustannustasolla kokonaiskustannukset olisivat noin 110 milj. €, mutta energian säästöstä kansalaisille kertyvien säästöjen

nykyarvo on noin 0,4 mrd. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee -100 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle erittäin kannattava.

Politiikkatoimet

Täydennysrakentamista voidaan edistää maankäytön suunnittelun keinoin osoittamalla täydennysrakennettavia alueita yleis- ja asemakaavoituksessa ja käyttämällä maankäyttö- ja rakennuslain mahdollistamia keinoja maanhankinnassa. Kuntien pitkäjänteinen maapolitiikan hoitaminen ja soveltuvien maa-alueiden hankinta tukee täydennysrakentamisen toteuttamista. Aiemmin rakennettujen tonttien omistajia voidaan kannustaa selvittämään tonttien lisärakentamisen mahdollisuuksia muun muassa informaatio-ohjauksen avulla.

Autopysäköinnin järjestäminen on usein nähty suurimmaksi esteeksi täydennysrakentamiselle, koska tiiviillä alueilla se joudutaan yleensä järjestämään kalliina maanalaisena ratkaisuna (mm. Seppälä 2013, Uudenmaan liitto 2013). Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan autopaidat on järjestettävä, mutta niiden mitoitukset on kuntien päätösvallassa. Autopaikkakorjauksia voidaan alentaa alueilla, joissa joukkoliikenteen palvelutarjonta on hyvä. Autopaikat voivat myös sijaita kohtuullisen matkan päässä muualla kuin kiinteistöillä. Autopaikkojen kustannusten ohjaaminen niiden käyttäjille kaikkien asukkaiden sijaan on myös tehokas taloudellinen ohjauskeino.

Muita tunnistettuja toimenpiteitä täydennysrakentamisen edistämiseksi ovat kevennetyt suunnittelumenettelyt ("kevytkaava"), lainsäädännön ja rakentamisen normien joustavampi tulkinta täydennysrakentamiskohteissa, täydennysrakentamiskaavojen valitusoikeuden rajaaminen ja valitusten käsittelyn nopeuttaminen sekä asunto-osakeyhtiölain muuttaminen niin että enemmistöpäätös täydennysrakentamisesta riittää yksimielisen päätöksen sijasta (Uudenmaan liitto 2013). Kuntien taloudellisia ohjauskeinoja täydennysrakentamisen edistämiseen ovat esimerkiksi arvonnoususta aiheutuvien kehittämiskorvauksien perimättä jättäminen ja täydennysrakentamiskorvausten maksaminen tonttien haltijoille vuokratonteilla.

Epävarmuudet

Täydennysrakentamisen vaikutukset vaihtelevat paljon alueittain.

Lisätietoja

- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).
- Helsingin kaupunki 2015. Uutta Helsinkiä: Täydennysrakentaminen. <http://www.uuttahelsinki.fi/fi/taydennysrakentaminen>
- Koski, K. 2008. Kuntatalous ja yhdyskuntarakenne. Suomen ympäristö 42/2008.
- Ristimäki, M., Tiitu, M., Kalenoja, H., Helminen, V., Söderström, P. 2013. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet Suomessa: Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeiden kehitys vuosina 1985-2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32.
- Seppälä, Tiina, 2013. Täydennysrakentamisen haasteet ja talous-, energia- ja ympäristövaikutukset. Lisensiaattityö. Aalto-yliopisto, http://www.uudistuvakaupunki.fi/wordpress/wp-content/uploads/seppala_lisuri_aaltoyliopisto_linkedin.pdf
- Tampereen kaupunki 2015. Täydennysrakentaminen. <http://www.tampere.fi/asuminenjarakentaminen/rakentaminen/taydennysrakentaminen.html>
- Tietoa yhdyskuntarakenteesta. <http://www.ymparisto.fi/ykr>

- Uudenmaan liitto, 2014. Täydennysrakentamisen esteet ja kannusteet - Kuntakentän keskustelunavaus.
(http://www.uudenmaanliitto.fi/files/15231/Taydennysrakentamisen_esteet_ja_kannusteet_kunta_kentan_kestustelunavaus.pdf)
- Uudistuva kaupunki 2015. Aalto-yliopistossa vuosina 2010–2012 toteutettussa Houkutteleva ja ohjelmallinen täydennysrakentaminen -tutkimushankkeessa laadittu sivusto
<http://www.uudistuvakaupunki.fi/>

LIITE 5. PALVELUJEN JA TYÖPAIKKOJEN HYVÄ SIIJOITTUMINEN YHDYSKUNTARAKENTEeseen

Kuvaus

Työ- ja asiointimatkat muodostavat suuren osan seudun sisäisistä matkoista. Asiointimatkoilla tarkoitetaan tässä ostosmatkoja päivittäistavarakauppoihin ja muihin kauppoihin sekä erilaisten julkisten ja yksityisten palvelujen käyttöön liittyviä matkoja, kuten matkoja sosiaali- ja terveyspalveluihin, ravitsemuspalveluihin sekä vapaa-ajan ja kulttuuripalveluihin.

Työmatkojen keskipituus linnuntietä on kasvanut jatkuvasti ja on nyt linnuntietä noin 14 kilometriä. Työpaikka-alueiden muuttaminen asuinkäyttöön kantakaupungeissa on siirtänyt työpaikkoja kauemmas ja johtanut henkilöautolla tapahtuvan työssäkäynnin yleistymiseen. Merkittävien työpaikkakeskittymien sijoittuminen kaupunkiseutujen sisemmille ydinalueille ja alakeskuksiin mahdollistaa joukkoliikenteen runkolinjojen järjestämisen työpaikka-alueiden kautta ja työmatkojen kestävätkulkutapavalinnat. Huomattava osa työmatkoista tehdään useammalla kulkutavalla, jolloin matkaketjun toimivuus korostuu.

Palvelujen hyvä saavutettavuus mahdollistaa asiointimatkojen tekemisen jalkaisin, pyörällä tai joukkoliikenteellä. Mikäli matkat kuljetaan henkilöautolla, hyvin saavutettavat palvelut ovat vain lyhyen automatkan päässä. Hyvää saavutettavuutta tukee osin hierarkkisesti jäsenetty ja monikeskuksinen toimipaikkaverkko. Palvelujen sijoittumisessa on tasapainoiltava keskittämisen tuomien palvelutaso- ja kustannushyötyjen sekä monikeskuksisuuden tuomien saavutettavuushyötyjen välillä. Myös toimivan kilpailun edellytykset on otettava huomioon yksityisten palvelujen osalta.

Palveluverkkoa järjestetään eri mittakaavatasoilla. Lähipalvelujen olisi hyvä olla saavutettavissa taajama-alueella jalkaisin tai pyörällä. Keskustoihin ja alakeskuksiin on usein joukkoliikenneyhteyksiä eri puolilta kaupunkia, joten niihin voidaan sijoittaa palveluja, jotka keräävät asiointia monista eri kaupunginosista. Osa erikoistuneiden palvelujen asioinnista suuntautuu kaupunkikeskuksiin laajalta alueelta lähikunnista ja -seuduilta. Tällaiset palvelut on tärkeä pystyä saavuttamaan kauko- ja seutu- ja paikallisliikenteen joukkoliikenneyhteyksien kautta. Maaseutualueilla monet palvelut ovat vääjäämättä kaukana. Tällöin palvelujen saavutettavuutta voidaan tukea yhteispalvelupisteiden sekä erilaisten liikkuvien ja etäpalvelujen avulla.

Vaikutukset indikaattoreihin

Työmatkojen tekeminen joukkoliikenteellä ja työmatkojen lyheneminen vähentää seudun sisäisen liikenteen päästöjä. Niiltä osin, kun asiointimatkoissa voidaan siirtyä henkilöautosta kestävämpiin kulkumuotoihin, voidaan näiden matkojen osalta saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Mikäli kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuudet kasvaisivat 10 % ja joukkoliikenteen kulkutapaosuus kasvaisi 50 % seutukuntien sisäisillä matkoilla, henkilöliikenteen CO₂-päästöt olisivat 5 % (0,19 Mt) BAU-skenaariota pienemmät vuonna 2050. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,4 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 3,4 Mt.

Kustannukset

Ihmisten toimintatapamallien muutosta voidaan pitää yhteiskunnan kannalta todella edullisena, koska kaikki vaadittavat toimenpiteet ovat hyvin käyttäjälähtöisiä. Toisaalta henkilöautoilun vähentäminen vähentää verotuloja, joten toimenpiteillä on myös negatiivinen vaikutus valtion talouteen. Palvelujen sijoittuminen lähelle tuottaa säästöjä asukkaiden terveyskustannuksissa, liikkumiskustannuksissa ja yhteiskunnan tukemissa kuljetuksissa. Monikeskuksisen palveluverkon ylläpito voi aiheuttaa lisäkustannuksia palvelutoimialalla verrattuna hyvin keskitettyyn ratkaisuun. Työmatkojen kulkutapoja voi

osaltaan muuttaa työpaikkojen pysäköintimaksujen korotuksella. Skotlannissa on arvioitu pysäköintimaksujen korotuksella saavutettavien päästövähennysten kustannuksiksi noin 35 €/t, kun työpaikkapysäköinnin hinta nostetaan samalle tasolle julkisten pysäköintipaikkojen kanssa (Atkins 2009). Tällä kustannustasolla kokonaiskustannukset olisivat noin 120 milj. €, mutta energian säästöstä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 0,5 mrd. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee -120 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle erittäin kannattava.

Politiikkatoimet

Toiminnoiltaan sekoittuneiden alueiden suunnittelu mahdollistaa lyhyet työmatkat osalle työssäkäyvistä. Työpaikka-alueiden kaavoittaminen joukkoliikenteen solmukohtiin ja joukkoliikennekäytäviin myös tukee kestäviä kulkutapavalintoja työmatkoilla.

Palvelujen saavutettavuutta edistetään palveluverkkosuunnittelun ja palvelutoimipaikkojen sijaintiratkaisujen kautta. Palvelujen sijoittuminen on keskeisimpiä kysymyksiä maankäytön, asumisen ja liikenteen suunnittelussa. Kaavoituksessa palvelujen sijoittumista ohjataan keskustatoimintojen alueiden, palveluiden alueiden ja vähittäiskaupan suuryksiköiden osoittamisen kautta. Maanhankinnan, maankäytön suunnittelun ja tonttien luovuttamisen muodostaman ketjun hallinta ja toiminnan sujuvuus on tärkeää, jotta yksityisille toimijoille pystytään tarjoamaan riittävästi yhdyskuntarakenteellisesti hyviä sijaintipaikkoja. Julkisten palvelujen sijaintiratkaisujen osalta palvelutoimialoilla on tärkeää ottaa huomioon yhdyskuntarakenne ja sen muutossuunnat.

Työpaikkojen ja yksityisten palvelujen sijoittumiseen vaikutetaan välisesti myös taloudellisten ohjauskeinojen kautta. Henkilöauton käyttöön kohdistuvat taloudelliset ohjauskeinot, kuten työmatkakulujen verovähennyksen muuttaminen kilometripohjaiseksi, ruuhkamaksun tai kilometriveron käyttöönotto ja polttoainevero, tukevat joukkoliikenteen käyttöä ja edesauttavat vähitellen toimipaikkojen siirtymistä kaupunkiseuduilla joukkoliikenteen solmupisteisiin, jossa työvoiman saatavuus ja asiakkaiden saavutettavuus on hyvä.

Epävarmuudet

Työmatkojen pituus ja kulkutapa määräytyvät asuin- ja työpaikan sijainnin ja työssäkävijän valintojen mukaan. Työpaikkojen erinomainen sijainti ei takaa sitä, etteikö osa työmatkoista olisi pitkiä henkilöautomatkoja. Palveluasiointi kytkeytyy erilaisiin matkaketjuihin, kuten työmatkoihin. Tämän vuoksi palvelujen sijaintiratkaisujen vaikutuksia asiointimatkoihin on vaikea arvioida tarkasti.

Lisätietoa

- Määttä-Juntunen Heidi, Antikainen Harri, Kotavaara Ossi ja Rusanen Jarmo 2011. Using GIS tools to estimate CO2 emissions related to the accessibility of large retail stores in the Oulu region, Finland. *Journal of Transport Geography* 19(2): 346-354.
- Söderström Panu, Schulman Harry ja Ristimäki, Mika 2014. Pohjoiset suurkaupungit: Yhdyskuntarakenteen kehitys Helsingin ja Tukholman metropolialueilla. SYKE:n julkaisu 2. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135233/SYKEju2_Pohjoiset_suurkaupungit.pdf?sequence=1
- Ristimäki, M., Oinonen, K., Tiitu, M., Helminen, V., Heikkilä, Merisalo, M., Annala, T. & Kalenoja, H. 2015. Työmatkakuluvähennyksen yksinkertaistaminen: Kilometriperusteinen matkakuluvähennys ja sen arvioidut vaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2015.
- Vähittäiskaupan suuryksiköiden kaavoitus. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2013. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40714/OH_3_2013.pdf?sequence=4

- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).

LIITE 6. ALUEIDEN OMAVARAISUUDEN JA RESURSSITEHOKKUUDEN LISÄÄMINEN

Kuvaus

Paikallinen omavaraisuus ja resurssitehokkuus vähentävät sekä tavarakuljetusten että henkilöliikenteen tarvetta. Omavaraisuus tarkoittaa muuan muassa luonnonvarojen käyttöön, jätteiden ja jätevesien käsittelyyn, energiahuoltoon ja ruuantuotantoon liittyviä paikallisia ratkaisuja. Myös työpaikkojen ja palvelujen saatavuus omalta seudulta sekä vapaa-ajan vieton mahdollisuudet kuuluvat omavaraisuuden piiriin.

Työssäkäynti- ja asiointialue muodostaa omavaraisuuden näkökulmasta toimivan kokonaisuuden, johon kuuluu sekä kaupunkialue että sitä ympäröivä maaseutu. Kaupunkeihin voi sijoittua seudun omavaraisuuden kannalta tärkeitä kokoavia toimintoja, kun maaseudulla omavaraisuutta voidaan nostaa erilaisten hajautettujen ratkaisujen kautta. Auerakenteessa tapahtuvan kasvun keskittyminen vain muutamille kaupunkiseuduille vaikuttaa omavaraisuuden mahdollisuuksiin ja pakottaa hakemaan uusia fiksua ratkaisuja.

Kiertotalouden edistäminen on tärkeä keino omavaraisuuden lisäämisessä. Siihen kuuluu materiaalivirtojen kierrättäminen ja neitseellisten raaka-ainevirtojen käytön vähentäminen. Mitä suurempi osa materiaaleista voidaan hyödyntää seudun sisällä, sitä vähemmän syntyy pitkien matkojen kuljetustarpeita. Vaikuttavimpia ovat ratkaisut, joilla lisätään suurten materiaalmäärien paikallista kierrätystä esimerkiksi maa- ja metsätaloudessa, teollisuudessa ja rakentamisessa. Erilaisten biomassajakeiden paikallinen hyödyntäminen ja ravinteiden kierrättäminen vähentävät maa- ja metsätalouteen liittyvien kuljetusten päästöjä ja tuovat uusia kasvumahdollisuuksia biotalouden alalla. Metsähakkeen kaltaisten raaka-ainesten kannattava kuljetusmatka on vain noin sadan kilometrin pituinen. Teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen paikallisesti vähentää tuotetun jätteen määrää ja tarjoaa edullista raaka-ainetta jalostettavaksi. Kestävään kiviaineshuoltoon kuuluu poistettavan maa- ja kiviaineksen hyödyntäminen suunnitelmallisesti toisaalla esimerkiksi maarakentamisessa.

Paikallinen ruuantuotanto ja hajautettu energiahuolto lisäävät omavaraisuutta etenkin maaseudulla. Myös kaupungeissa on mahdollisuuksia pienimuotoiseen viljelyyn ja esimerkiksi aurinkoenergian hyödyntämiseen. Läheisen maaseudun tuotantoa voidaan hyödyntää kaupunkikeskuksessa, jos jakelu voidaan järjestää kustannustehokkaasti. Kaupungeissa vahvuutena on toimijoiden sijaitseminen lähellä toisiaan, mikä helpottaa esimerkiksi kiertotalouden toteuttamista. Asumisen, työteon, palvelujen ja harrastusten käytössä olevat yhteistilojen avulla voidaan lisätä tilankäytön tehokkuutta ja vähentää liikkumistarpeita. Etäpalvelujen kautta omavaraisuutta voidaan tukea myös alueilla, joilla fyysisiä palveluja ei ole saatavilla lähellä.

Monipuolinen työpaikka- ja palvelutarjonta vähentävät henkilöliikenteen osalta tarvetta käydä töissä tai asioilla muilla seuduilla. Alueiden tarjoamat harrastusmahdollisuudet ja vapaa-ajan ympäristöt vaikuttavat vapaa-ajan liikkumistarpeisiin. Reilut kaksi kolmesta suomalaisesta ulkoilee luonnossa viikoittain, ja luonnon virkistyskäyttämahdollisuuksien saavutettavuus vaikuttaa liikkumiseen. Suurimmalla osalla vapaa-ajan asunnon omistajista mökki sijaitsee linnuntietä alle 40 kilometrin matkan päässä eli usein saman seudun sisällä (Hiltunen & Rehunen 2014).

Vaikutukset indikaattoreihin

Alueiden omavaraisuuden kautta voidaan vähentää kuljetustarpeita monella alalla, jotka kuuluvat eniten tavaraliikennettä tuottavien toimialojen joukkoon. Henkilöliikenteessä alueiden omavaraisuus vaikuttaa sekä arjen työ- ja asiointimatkoihin että erilaisiin vapaa-ajan matkoihin.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Mikäli seutukuntien välisten matkojen määrä puolittuu ja nämä matkat korvautuvat seutukuntien sisäisillä matkoilla, henkilöliikenteen CO₂-päästöjen määrä pienenee 18 % (0,7 Mt) vuonna 2050 BAU-skenaarioon verrattuna. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,7 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 12 Mt.

Kustannukset

Materiaalien kierrättäminen ja kuljetusmatkojen lyhentyminen tuovat säästöjä. Hajautettu energiantuotanto, luonnonvarojen käyttö ja ruoantuotanto saattaa vaatia ainakin alkuvaiheessa yhteiskunnan tukea kannattaakseen. Energian säästöistä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 1,9 mrd. €.

Politiikkatoimet

Alueiden omavaraisuutta voidaan edistää tukemalla aluekehittämisessä ja alueidenkäytön suunnittelussa paikallisia ratkaisuja. Esimerkiksi kestävä kiviaineshuollon edellytyksiä voidaan tukea varaamalla maakunta- ja kuntakaavoituksessa alueita kiviainesten kierrätystä varten.

Epävarmuudet

Resurssien paikallisen hyödyntämisen ekotehokkuus edellyttää toimivaa kuljetusjärjestelmää.

Lisätietoja

- http://www.jyvaskyla.fi/hallinto/hankkeet_ja_strategiat/resurssiviisaus
- Hiltunen Mervi ja Rehunen Antti 2014. Second home mobility in Finland: Patterns, practices and relations of leisure oriented mobile lifestyle. Fennia 192: 1, 1–22.
- Palttala Outi ja Erat Bruno 2009. Kestävä kylä pohjoisissa olosuhteissa- Vertaileva seurantatutkimus. Ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 32/2009.
- Rehunen A. & Ristimäki M. 2012. Yhdyskuntarakenteen toiminnalliset alueet Suomessa: Tekninen väliraportti. Suomen ympäristökeskus. 33 s. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Tietoa_yhdyskuntarakenteesta/Toiminnalliset_alueet

LIITE 7. KÄVELYN JA PYÖRÄILYN KULKUTAPAOSUUDEN KASVATTAMINEN

Kuvaus

Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, jos ensisijaisesti henkilöautoilijoita saadaan siirtymään niiden käyttäjiksi. Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattamisessa tärkeintä on että ne koetaan helpoimmaksi, nopeimmaksi ja mukavimmaksi tavaksi liikkua. Tähän kokemukseen vaikuttavat erityisesti väylien kokeminen viihtyisiksi ja turvallisiksi. Kävelyn viihtyisyyttä ja turvallisuutta voidaan parantaa esimerkiksi autoliikennettä hidastamalla tai rajoittamalla, liikennemelua vähentämällä, viheristutuksia lisäämällä valaistusta parantamalla, istumismahdollisuuksia lisäämällä, talvikunnossapitoa parantamalla, esteettömyyttä kehittämällä ja rakennusten julkisivujen monipuolisuutta lisäämällä. Kävelyn lisääntymiseen vaikuttaa oleellisesti myös kaupunkirakenteen tiivys, etäisyys julkiseen liikenteeseen, kohteiden saavutettavuus, maankäytön monipuolisuus, kävelyverkoston tiheys ja yhdistävyys sekä autopysäköinnin kysynnän hallinta. Kävelyn edistämisen toimenpiteet soveltuvat myös pyöräilyyn, mutta pyöräilyn edistämisen kannalta on tärkeintä kehittää pyöräilyväyliä. Pyöräväylien suunnittelussa lähtökohta on, että pyörä on ajoneuvo. Pyöräilyverkoston tulisi olla johdonmukainen ja selkeä ilman epäjatkuvuuskohtia. Erityisesti risteysalueiden laadukas suunnittelu on tärkeää. Pyörällä tulisi pystyä kulkemaan sujuvasti tasaista vauhtia ja myös pysäköinti-infrastruktuuriin tulisi olla riittävää..

Vaikutukset indikaattoreihin

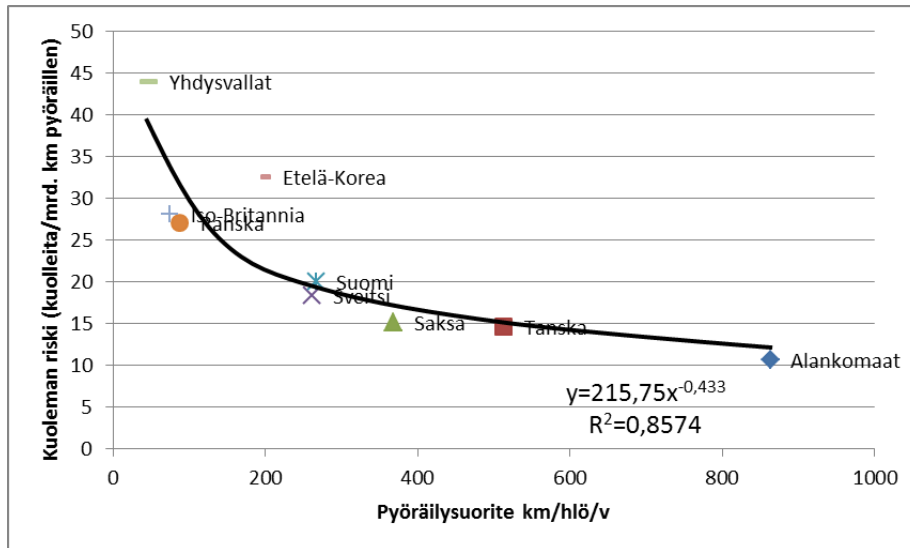
Kävely ja pyöräily ovat täysin päästöttömiä kulkutapoja lihasvoimin ja sähköisesti avustettunakin (sähköpolkupyörät, uudet sähköiset liikennevälineet) erittäin vähäpäästöisiä. Epäviihtyisäksi koetussa kaupunkiympäristössä noin 10 % ihmisistä pitää 400 metrin kävelymatkaa hyväksyttävänä, viihtyisässä kaupunkiympäristössä osuus on lähes 50 % (Knoflacher 1993). Tämä esimerkki osoittaa kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattamisen suuren potentiaalín. Mahdollisuudet kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattamiseen ovat suurimmat kaupunkiseutujen lyhyillä matkoilla.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Jos kävelyn kulkutapaosuus kasvaisi 5 %-yksikköä ja pyöräilyn kulkutapaosuus kaksinkertaistuisi kaupunkiseutujen sisäisillä matkoilla vuonna 2050 BAU-skenaariossa ennakoitusta (osuudet BAU: 22%/8%, uudet: 26%/16%), hiilidioksidipäästöt henkilöliikenteestä pienenisivät 12 % (0,5 Mt) BAU-skenaarioon verrattuna. Kävelymatkoja tehtäisiin tällöin 270 milj. kpl ja pyöräilymatkoja 470 milj. kpl enemmän kuin BAU-skenaariossa. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,5 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 8,3 Mt. Sähköavusteisilla polkupyörillä kulkutapaosuuden muutos ja siten päästövähennys voivat olla suurempia (Rintamäki et al. 2015).

Kustannukset

Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen edellyttää investointeja infrastruktuuriin. Toisaalta tämä vähentää investointitarvetta henkilöautoliikenteen infrastruktuuriin ja tuottaa merkittävät kansanterveydelliset hyödyt. Pyöräilyinfrastruktuuriin investoinnin hyötyjen on tutkimuksissa arvioitu olevan keskimäärin 5-kertaiset kustannuksiin nähden (Cavill et al. 2008). Kävelyn ja pyöräilyn lisääntyessä myös niiden suhteellinen turvallisuus paranee (Kuva 19) (safety in numbers -ilmiö) (OECD/International Transport Forum 2013; Luukkonen & Vaismaa 2013; Jakobsen 2003). Kävely ja pyöräily ovat erittäin edullisia, joten kotitalouksien liikkumiskustannukset vähenevät.



Kuva 19. Safety in numbers –ilmiö pyöräilyssä (muokattu lähteestä OECD/International Transport Forum 2013).

Esimerkiksi Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (HLJ 2015) mainituille pyöräilyn infrastruktuurihankkeille on laskettu vuosille 2016-2030 investointien arvoksi 119 milj. € ja kumulatiivisiksi päästövähennyksiksi yhdessä joukkoliikenteen hankkeiden kanssa 1,2 Mt. Jos päästövähennyksistä kohdistetaan 25 % kävelyn ja pyöräilyyn, hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kustannuksiksi tulee noin 400 €/t. On kuitenkin huomattava, että kävelyn ja pyöräilyn edistämällä on merkittävä vaikutus kansanterveyteen ja terveyshyötyjen arvo on jopa suurempi kuin investointikustannus. (Tuominen et al. 2015.) Skotlannissa tehdyssä tutkimuksessa päästövähennysten kustannuksiksi arvioitiin n. 250 €/t pyöräilyinfrastruktuurin kehittämiseksi ja n. 2000 €/t kävelyn infrastruktuurin kehittämiseksi (Atkins 2009). Eurooppalaisessa tutkimuksessa päästövähennysten kustannukseksi arvioitiin puolestaan 55 €/t. Kävelyä ja pyöräilyä voidaan edistää kuitenkin myös liikumisen ohjauksen (mobility management) toimenpiteillä, joille kustannukseksi arvioitiin Skotlannissa 15 €/t (Atkins 2009) ja EU:n tasolla 41 €/t (Schade et al. 2011).

Jos kustannustasona käytetään 400 €/t, kokonaiskustannukset olisivat noin 3,3 mrd. €, josta infrastruktuuri-investointien osuus voisi olla 90 % ja liikumisen ohjauksen 10 %. Energian säästöstä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 1,3 mrd. €. Kävelyn ja pyöräilyn edistämällä on merkittävät kansanterveydelliset hyödyt ja vastaavasti henkilöautoilun vähentyminen pienentää siitä johtuvien päästöjen terveystaloudellisia. Kävelyn terveyshyötyjen arvoksi voidaan arvioida 0,27 €/hkm, pyöräilyn hyödyiksi 0,11 €/hkm ja henkilöautojen terveyshaitaksi 0,002 €/hkm (Tuominen et al. 2015). Näillä arvoilla laskettuna toimenpidekokonaisuuden terveyshyötyjen nykyarvo on noin 2,6 mrd. Liikenneturvallisuus puolestaan heikkenee olettaen, että liikennejärjestelmän turvallisuuden taso pysyy entisellään, sillä kävelijät ja pyöräilijät ovat henkilöautoilijoita haavoittuvaisempia. Kävelyn ja pyöräilyn suhteellinen turvallisuus paranee safety in numbers -ilmiön vuoksi, mutta liikennekuolemat lisääntyvät keskimäärin 4 kpl/vuosi ja loukkaantumiset 176 kpl/vuosi. Onnettomuuskustannukset lisääntyvät siten noin 1,0 mrd. €, kun kuoleman kustannukseksi käytetään 2,4 milj. € ja loukkaantumisen kustannukseksi 0,31 milj. €. Kokonaisyödyt ovat siten 3,9 mrd. € ja kustannukset 4,3 mrd. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee 60 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle hieman kustannuksia aiheuttava.

Politiikkatoimet

Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattaminen edellyttää pitkäjänteistä ja määrätietoista poliittista ohjausta kaupunkiseuduilla ja kuntakeskuksissa. Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen tulisi ottaa huomioon

uusien maankäyttöalueiden kaavoituksesta lähtien kaupunkirakenteen ja liikennejärjestelmän suunnittelussa. Kaupunkiseuduilla ja valtakunnallisesti laadittavissa liikennejärjestelmästrategioissa tulisi asettaa tavoitteet ja mittarit kulkutapaosuuksien kehittämiseksi.

Epävarmuudet

Mikäli pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvu on pois joukkoliikenteen osuudesta, muutos ei vähennä päästöjä yhtä paljon kuin vastaava henkilöautojen osuuden väheneminen.

Lisätietoja

- Cavill, N., Kahlmeier, S., Rutter, H., Racioppi, F., Oja, P. 2008. Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: A systematic review. *Transport Policy*, vol. 15, pp. 291-304.
- OECD/International Transport Forum 2013. *Cycling, Health and Safety*. OECD Publishing/ITF. (<http://dx.doi.org/10.1787/9789282105955-en>)
- Luukkonen, T., Vaismaa, K. 2013. Pyöräilyn lisääntymisen yhteys turvallisuuteen. Liikenneturvan selvityksiä 1/2013. (https://liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tutkimukset/2013_safety_in_numbers.pdf)
- Jakobsen, P. L. 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention* 9, pp. 205-209. (http://www.cycle-helmets.com/safety_in_numbers.pdf)
- Tuominen, A., Tervonen, J., Järvi, T., Mäkelä, K., Liimatainen, H., Nykänen, L. ja Rehunen A. 2015. Liikenteen energiatehokkuustoimenpiteet osana EU:n 2030 ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamista: vaikutukset, kustannukset ja työnjako. Valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoiminta 14/2015.
- <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/22131>
- <http://www.tut.fi/verne/parhaat-eurooppalaiset-kaytannot-pyorailyn-ja-kavelyn-edistamisessa/>
- <http://www.tut.fi/verne/pyorailyn-ja-kavelyn-edistaminen-suomessa/>
- <http://www.tut.fi/verne/tutkimusalueet/kaupunkiliikenne/projektin-tulokset/>
- <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC84116.pdf>
- Knoflacher, Hermann. 1993. Kaupungin ja liikenteen harmonia. Vapaus autolla ajamisen pakosta. Suom. Jarmo Kalanti & Pekka Ryttilä 1995. Liikennesuunnittelun seura ry. Helsinki, Finland.4.3 Energiatehokkuuden parantaminen – ajoneuvotekniset toimenpiteet
- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.
- Rintamäki, J., Ansio, V., Airaksinen, N., Tikkanen, M., Kaskinen, T., Ritola, M., Lahtinen, V., Rechardt, P., Sokero, M., Tarvainen, A., Vesänen, V., Tarvainen, J. 2015. Sähköavusteisten polkupyörien tiekartta – Kulkumuodon mahdollisuudet kestävän liikennejärjestelmän edistämiseksi. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 10/2015.

LIITE 8. JOUKKOLIIKENTEN KULKUTAPAOSUUDEN KASVATTAMINEN

Kuvaus

Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvattaminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, jos henkilöautoilijoita saadaan siirtymään joukkoliikenteen käyttäjiksi. Päästövähennys perustuu joukkoliikennevälineiden henkilöautoa parempaan energiatehokkuuteen, erityisesti raideliikenteessä ja hybridi- tai sähköbussseilla. Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvattamisessa tärkeintä on lyhentää matka-aikaa suhteessa henkilöautoon ja parantaa joukkoliikenteen täsmällisyyttä. Keinoja tähän ovat esimerkiksi: raideliikennejärjestelmät, BRT-järjestelmät (bus rapid transport), joukkoliikennekadut, joukkoliikennekaistat, liittymien joukkoliikennekaistajärjestelyt, liikennevaloetuedet, maksujärjestelmien kehittäminen pysäkkiajan lyhentämiseksi ja kutsujoukkoliikennepalvelut. Joukkoliikenteen nopeuttamisen yhteydessä tulee myös kehittää maksuttomia liittytäpysäköintijärjestelmiä joukkoliikenteen käyttäjille. Pysäkillä odotus ja joukkoliikennevälineiden vaihto matkan aikana koetaan erityisen raskaaksi, joten käyttöä voidaan helpottaa reaaliaikaisella matkustajainformaatiojärjestelmällä. Olennaista on joukkoliikenteen eri kulkumuotojen sekä järjestelmien rajapintojen toiminta yhteen sekä kävely-, pyöräily- ja autoliikenteen liittytäliikenteen suunnittelu kytköksissä joukkoliikenteeseen. Lippujärjestelmien ja hinnoittelun sekä matkustusmukavuuden kehittämisellä voidaan edistää joukkoliikenteen käyttöä. Kulkutapavalinnoissa tottumuksilla on suuri merkitys, joten erityisesti lasten joukkoliikenteen käyttöä tulee edistää, esimerkiksi tekemällä joukkoliikenteestä maksutonta alle 18-vuotiaille.

Vaikutukset indikaattoreihin

Joukkoliikenteen nopeuttaminen 10 % lisää joukkoliikennematkoja noin 10 %, vaikutus on moninkertainen verrattuna joukkoliikennematkojen hinnan alentamiseen (HSL 2011). Matka-ajan ollessa sama henkilöauton kanssa yli 2/3 ihmisistä käyttää mieluummin joukkoliikennettä. Joukkoliikennematkan kestäessä 1,5-kertaisesti henkilöautoon verrattuna noin puolet valitsee joukkoliikenteen ja 2-kertaisella matka-ajalla vielä noin neljännes valitsee joukkoliikenteen. (TRAST 2004, Sandberg & Næss 1997.) Henkilöauton energiatehokkuus on nyt noin 2,2 hkm/kWh, linja-auton 4,7 hkm/kWh ja raideliikenteen 13,9 hkm/kWh. Joukkoliikenteen kuormitusasteen kasvaessa energiatehokkuus kasvaa entisestään.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Jos linja-autojen ja raidejoukkoliikenteen kulkutapaosuus kaksinkertaistuisi vuonna 2050 BAU-skenaariossa ennakoidusta 7 prosentista 14 prosenttiin, hiilidioksidipäästöt pienenisivät 6 % (0,2 Mt) BAU-skenaarioon verrattuna. Joukkoliikennematkojen määrä kasvaisi nykyisestä 350 miljoonasta 870 miljoonaan matkaan vuodessa. Tämä tarkoittaisi käytännössä sitä, että väkiluvun kasvun tuoma lisäys matkamäärissä ei lisäisi lainkaan henkilöautomatkojen määrää vaan kasvu ohjautuisi joukkoliikenteeseen ja vähäisessä määrin kävelyyn ja pyöräilyyn. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,24 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 4,3 Mt.

Kustannukset

Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvattaminen voi edellyttää investointeja infrastruktuuriin sekä maksu- ja informaatiojärjestelmiin. Investoinnit joukkoliikenteen infrastruktuuriin, erityisesti raideinfrastruktuuriin, ovat kalliita. Toisaalta tämä vähentää investointitarvetta henkilöautoliikenteen infrastruktuuriin ja raideliikenneväylien kehittäminen mahdollistaa merkittävän maankäytön kehittämisen väylien varrella. Myös liikenteen onnettomuuskustannukset pienenevät. Mikäli joukkoliikenteen kasvanut käyttö vähentää henkilöautojen omistusta, kotitalouksien liikkumiskustannukset vähenevät. Kustannuksia siirtyy kotitalouksilta julkiselle sektorille, jos yhteiskunnan tuen taso pysyy nykyisellä tasolla. Skotlannissa on arvioitu joukkoliikenteen infrastruktuuri-investointien ja lipun hintojen alentamisen päästövähennysten kustannusten olevan yli 4000 €/t (Atkins 2009). Eurooppalaisissa arvioissa puolestaan lipun hinnan

puolittamisen päästövähennyskustannus on 559 €/t ja joukkoliikenneinfrastruktuurin kehittämisen 3135 €/t (Schade et al. 2011).

Esimerkiksi Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (HLJ 2015) mainituille raideinfrastruktuurihankkeille on laskettu vuosille 2016–2030 inverstointien arvoksi 572 milj. € ja kumulatiivisiksi päästövähennyksiksi yhdessä kävelyn ja pyöräilyn hankkeiden kanssa 1,2 Mt (Tuominen et al. 2015). Jos päästövähennyksistä kohdistetaan 75 % joukkoliikenteeseen, hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kustannuksiksi tulee noin 640 €/t. Suuruusluokaltaan samanlainen kustannus saadaan Tampereen pikaraitiotielle, jos investointikustannus (250 milj. €) suhteutetaan vuosille 2020–2050 lasketuille hiilidioksidipäästövähennyksille (n. 0,45 Mt; 0,015 Mt/vuosi). On kuitenkin huomattava, että raidehankkeet pienentävät joukkoliikenteen liikennöintikustannuksia merkittävästi linja-autovaihtoehtoon verrattuna. Myös henkilöautojen energiakustannukset pienenevät merkittävästi, koska niillä ajetaan entistä vähemmän.

Jos kustannustasona käytetään 600 €/t, kokonaiskustannukset olisivat noin 2,6 mrd. €, joka on kuitenkin samaa luokkaa kuin pelkästään Helsingin seudulle suunniteltujen joukkoliikennehankkeiden nykyarvo (Tuominen et al. 2015), joten kustannukset ovat luultavasti selvästi suuremmat. Energian säästästä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 0,5 mrd. €. Joukkoliikenteen, erityisesti raideliikenteen, edistäminen parantaa myös merkittävästi liikenneturvallisuutta ja vähentää liikenteen päästöjen terveystkustannuksia. Liikennekuoleman riski on henkilöautoilussa yli 10-kertainen linja-autoon verrattuna ja loukkaantumisen riski noin 4,5-kertainen. Raideliikenteessä puolestaan matkustajien kuoleman tai loukkaantumisen riski on käytännössä olematon (Tuominen et al. 2015). Näin ollen joukkoliikenteen edistämisen toimenpidekokonaisuus vähentää liikennekuolemia BAU-skenaarioon verrattuna noin 9 kpl/vuosi ja loukkaantumisia noin 200 kpl/vuosi. Kun kuoleman kustannukseksi käytetään 2,4 milj. € ja loukkaantumisen kustannukseksi 0,31 milj. €, onnettomuuskustannusten pienenemisen nykyarvo on noin 1,4 mrd. €. Kansanterveydelliset hyödyt ovat noin 76 milj. €. Kokonaishyödyt ovat näin 2,0 mrd. €, ja päästövähennysten kustannukset vähintään 150 €/t. Kuten todettua, kustannukset voivat kuitenkin olla raideinvestointeihin painottuvassa kehityksessä selvästi suuremmat, joten toimenpidekokonaisuus on yhteiskunnalle todennäköisesti kustannuksia aiheuttava.

Politiikkatoimet

Joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvattaminen edellyttää pitkäjänteistä ja määrätietoista poliittista ohjausta valtakunnallisesti ja kaupunkiseuduilla. Joukkoliikenteen edistäminen tulisi ottaa huomioon uusien maankäyttöalueiden kaavoituksesta lähtien kaupunkirakenteen ja liikennejärjestelmän suunnittelussa. Kaupunkiseuduilla ja valtakunnallisesti tulisi laatia liikennejärjestelmästrategiat, joissa asetetaan tavoitteet ja mittarit kulkutapaosuuksien kehittämiseksi ja seuraamiseksi. Lisäksi taksialan- ja joukkoliikenteen välisten sääntelyn raja-aitojen purkaminen ja kilpailun avaaminen voi tuoda markkinoille uusia liiketoimintamalleja.

Epävarmuudet

Mikäli henkilöautojen energiatehokkuus kehittyi oletettua nopeammin ja linja-autojen oletettua hitaammin ja linja-autojen kuormitusaste laskee vuorotarjontaa lisättäessä ja linjoja nopeutettaessa, linja-auto voi olla energiatehokkuudeltaan huonompi kuin henkilöauto ja siten hiilidioksidipäästöiltään suurempi. Erityisesti kaupunkiliikenteessä kuitenkin hybridi- ja sähköbusseilla saadaan suuret hyödyt energiatehokkuudessa, joten vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymisen voi olla nopeaa. Myös mikäli joukkoliikenteen kulkutapaosuuden kasvu on pois kävelyn ja pyöräilyn osuuksista, muutos on päästöjen kannalta negatiivinen.

Lisätietoja

- Tuominen, A., Tervonen, J., Järvi, T., Mäkelä, K., Liimatainen, H., Nykänen, L. ja Rehunen A. 2015. Liikenteen energiatehokkuustoimenpiteet osana EU:n 2030 ilmasto- ja energiatavoitteiden

saavuttamista: vaikutukset, kustannukset ja työnjako. Valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoiminta 14/2015.

- http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-15_joukkoliikenteen_edistamiskeinoja_web.pdf
- HSL 2011. Helsingin sedun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010. HSL:n julkaisuja 33/2011. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/33_2011_helmet.pdf
- <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC84116.pdf>
- <http://www.tampere.fi/material/attachments/t/Rlz1dsMYe/tampereenraiotieyleissuunnitelma.pdf>
- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.

LIITE 9. HENKILÖAUTOJEN KÄYTTÖTAPOJEN MUUTOS

Kuvaus

Yksityisautoja käytetään erittäin vähän niiden liikennepalvelujen tuottamisen potentiaaliin nähden. Alhaisen käyttö- ja kuormitusasteen vuoksi henkilöautokanta uudistuu hitaasti ja autojen energiatehokkuus on matala. Autojen yhteiskäytössä liikennesuorite autoa kohti kasvaa, autokanta uudistuu nopeammin ja CO₂-päästöt pienenevät, jos uudet autot ovat vanhoja vähäpäästöisempiä. Vaihtoehtoiset käyttövoimat voivat yleistyä nopeammin, koska korkea hankintakustannus jakautuu usealle käyttäjälle. Yhteiskäyttöautoista voidaan myös valita tarpeeseen sopiva auto, jolloin esimerkiksi kaupunkiajossa käytetään pienempiä ja vähäpäästöisempiä autoja. Yhteiskäyttöauton käyttöönotto ei kuitenkaan ole yhtä helppoa kuin yksityisauton, joten joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn käyttö on houkuttelevampaa. Yhteiskäyttöauto voi olla yrityksen, yksityishenkilön tai taloyhtiön omistuksessa. Kimppekyydit puolestaan parantavat auton käytön energiatehokkuutta ja pienentävät päästöjä, koska samalla liikennesuoritteella ja päästöillä saadaan aikaan suurempi matkustussuorite. Autojen yhteiskäyttöä ja kimppekyytejä edistävät tällä hetkellä kehittyvät reaaliaikaiset älypuhelinsovellukset ja internetpalvelut. Tulevaisuudessa mahdollisesti yleistyvät robottiautot ovat todennäköisesti lähtökohtaisesti yhteiskäyttöisiä ja kimppekyytikäytössä, ja kuluttajat maksavat yksityiskäytöstä erikseen.

Vaikutukset indikaattoreihin

Tutkimusten mukaan yhteiskäyttöauto korvaa 6-13 yksityisautoa ja yhteiskäyttöautot ovat uudempia ja vähäpäästöisempiä kuin yksityisautot (Baptista et al. 2014, Martin & Shaheen 2011). Kimppekyydit vähentävät liikennesuoritetta ja siten päästöjä.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Jos henkilöautojen keskiakuormitus kasvaisi 5 % ja henkilöautojen keskimääräinen käyttöikä laskisi BAU-skenaariossa ennakoitua 19 vuodesta 18 vuoteen vuonna 2030 ja 16 vuoteen vuonna 2050, hiilidioksidipäästöt pienenisivät 4 % (0,1 Mt) BAU-skenaarioon verrattuna. Käyttöiän laskun myötä Suomen autokanta olisi noin 390 000 autoa pienempi kuin BAU-skenaariossa (2,7 milj. autoa) ja yhteiskäytössä olisi noin 50 000 autoa. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nollassa vuonna 2015 0,14 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 2,5 Mt.

Kustannukset

Yksityisen henkilöauton kustannuksista noin 60 % on kiinteitä ja 40 % muuttuvia kustannuksia. Yhteiskäyttöautoa käytettäessä kiinteät kustannukset ja kimppekyytejä käytettäessä puolestaan muuttuvat kustannukset jakautuvat usealle henkilölle ja yksityishenkilöt voivat saada myös tuloja auton tai kyydin jakamisesta. Näin liikennekustannukset pienenevät. Yhteiskunnallisesti yhteiskäyttöautot vähentävät pysäköintipaikkojen tarvetta, mikä vapauttaa maankäyttöä muihin tarkoituksiin. Kimppekyydit vähentävät ruuhkautumista ja liikennesuoritetta ja siten investointitarvetta teihin. Skotlannissa on arvioitu yhteiskäyttöautojen verkostolla saavutettavien päästövähennysten kustannukseksi noin 150 €/t, kun yhteiskäyttöautojen käyttäjinä olisi n. 100 000 kotitaloutta ja näiden käyttöön hankittaisiin 3200 autoa, hinnaltaan 20 000 € kappale (Atkins 2009). Tällä kustannustasolla kokonaiskustannukset olisivat noin 375 milj. €, mutta energian säästöstä kansalaisille kertyvien säästöjen nykyarvo on noin 0,4 mrd. €. Koska Suomen autokanta on BAU-skenaariota pienempi, kansalaiset säästävätkin autojen kiinteissä kustannuksissa (pysäköinti, vakuutukset, ajoneuvovero) noin 2,4 mrd. € vuosina 2015–2050 (oletuksena 1000 €/auto/vuosi, korko 3 %). Näin ollen kokonaisyödyt ovat 2,8 mrd. € ja päästövähennysten kustannus on -970 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle erittäin kannattava.

Politiikkatoimet

Yhteiskunta voi edistää yhteiskäyttöautojen käyttöä antamalla käyttämänsä (omistus- tai leasing-) autot yhteiskäytön piiriin, kun niitä ei käytetä. Yhteiskäyttöön tuleville autoille voidaan antaa verohelpotuksia auto- ja ajoneuvoverosta. Yhteiskäyttöautot voidaan myös vapauttaa pysäköintimaksuista ja varata niille omia pysäköintipaikkoja. Kimppakyytejä voidaan edistää julkisen sektorin toimipaikkojen työntekijöiden ja asiakkaiden kimppakyytikampanjoilla. Lisäksi autojen uusia käyttötapoja voidaan mahdollistaa taksialan kilpailun avaamisella ja sääntelyn purkamisella.

Epävarmuudet

Yhteiskäyttöauton käyttöönotto ja kimppakyytiläisen nouto voi edellyttää ylimääräistä liikkumista, mikä voi hieman lisätä liikkumisen päästöjä suorimpaan reittiin verrattuna. Myös jos yhteiskäyttöautolla tai kimppakyydillä tehty matka olisi ilman niitä tehty joukkoliikenteellä, kävellen tai pyörällä, päästöt kasvavat. Yhteiskäyttöautojen ja kimppakyytien toimivuus ja vaikutukset ovat riippuvaisia palveluiden käyttäjien määrästä.

Lisätietoja

- Baptista, P., Melo, S., Rolim, C. 2014. Energy, environmental and mobility impacts of car-sharing systems. Empirical results from Lisbon, Portugal. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 111, pp. 28-37.
- Martin, E., Shaheen, S. 2011. The impact of carsharing on household vehicle ownership. Access 38. <http://www.accessmagazine.org/articles/spring-2011/impact-carsharing-household-vehicle-ownership/>
- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).
- http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/momo_car-sharing_f03_environmental_impacts_en.pdf
- https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/autojen_yhteiskayton_edistaminen_18_2013.pdf
- http://www.motiva.fi/files/4934/tuloskortti_yhteiskayttoautot.pdf
- http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2013-50_omakyyti_web.pdf
- https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/autojen_yhteiskayton_edistaminen_18_2013.pdf

LIITE 10. AJONEUVOJEN ENERGIANKULUTUKSEN PIENENTÄMINEN

Kuvaus

Henkilöautojen energiankulutus pienenee vuoteen 2021 saakka BAU-skenaariossa EU:n CO₂-päästörajoitusten ja ajoneuvovalmistajien tuotekehityksen seurauksena. EU:n päästörajoituksia voidaan edelleen tiukentaa, mikä pakottaa henkilöautojen valmistajat pienentämään autojen energiankulutusta. Oletetaan, että EU asettaa henkilöautoille päästötavoitteet vuodelle 2030. Tavallisten polttomoottorien ja täyshybridien (skenaariotyökaluissa bensiini ja diesel käyttövoimina) tavoite on 68 g/km.

Kolme päätekijää energiankulutuksen pienentämisessä ovat moottorin ja voimalinjan häviöiden pienentäminen, ajoneuvon keventäminen ja ilmanvastuksen pienentäminen. Moottorin ja voimalinjan häviöiden pienentämisessä avainasemassa on sähköistäminen, jolla jarrutusenergia otetaan talteen ja hyödynnetään. Hybrideissä ja ladattavissa hybrideissä on polttomoottorin lisäksi sähkömoottori ja tavanomaisia autoja suurempi akkukapasiteetti. Sähkömoottorissa häviöt ovat selvästi polttomoottoria pienemmät. Tavanomaisella hybridillä sähköinen ajomatka on 1–2 km, lataushybrideillä sähköinen ajomatka on 20–50 km. Suurin hyöty hybriditekniikasta saadaan paljon kiihdytyksiä ja hidastuksia sisältävässä kaupunkiliikenteessä.

Henkilöautojen keventäminen on mahdollista suurlujuusterästä, alumiinia ja komposiittimateriaaleja käyttämällä. Pienempi omamassa pienentää myös moottorin tehontarvetta, jolloin moottorista voidaan tehdä vähemmän kuluttava kuitenkin auton suorituskyky säilyttäen. Ilmanvastuksen ja vierintävastuksen pienentämisellä voidaan myös jonkin verran pienentää autojen energiankulutusta.

Vaikutukset indikaattoreihin

Keskikulutusta voidaan vähentää erityisesti hybriditekniikan avulla bensiini- ja dieselautoissa jopa 50 % vuoteen 2050 mennessä. Ladattavissa hybrideissä kulutuksen pienentämisen potentiaali on hieman pienempi, 25–40 %, koska moottorin ja voimalinjan tehokkuus on jo valmiiksi korkeammalla tasolla.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Tavoitetasolla 68 g/km Suomen henkilöautoliikenteen päästöt vuonna 2030 ovat 0,29 Mt pienemmät kuin BAU-skenaariossa ja vuonna 2050 jo 0,74 Mt pienemmät. Kumulatiiviset päästövähennykset 2015–2050 ovat noin 13,6 Mt. Tarkemmat tiedot kustannusten yhteydessä (Taulukko 18).

Kustannukset

Tiukempien päästönormien asettaminen nostaa ajoneuvojen hintoja. Kustannukset jakautuvat ajoneuvojen valmistajien ja kuluttajien välille, mutta suurimman taakan kantavat kuluttajat. Suomen kustannus syntyy kahdesta eri tekijästä. Suurin vaikutus on kuluttajien maksamilla kohonneilla ajoneuvojen hinnoilla. Mitä tiukemmat päästörajat ovat, sitä suuremmat ovat niistä aiheutuvat kustannukset. Kansantalouden kokonaiskustannusten suuruuteen vaikuttaa myytävien ajoneuvojen määrä, mikä on perinteisten polttomoottori- ja täyshybridiautojen yhteenlasketussa tapauksessa laskeva vuodesta 2015 vuoteen 2030 muiden käyttövoimien yleistyessä. Toinen kustannukseen vaikuttava seikka on se, että pienempien päästönormien ajoneuvot kuluttavat vähemmän polttoainetta. Tästä syntyy taloudellista säästöä BAU-skenaarioon verrattuna. Nämä säästöt syntyvät yli ajoneuvojen käyttöiän, joten ne tulee diskontata nykyhetkeen ollakseen vertailukelpoisia hankinnan aikana syntyneiden kustannusten kanssa. Nämä säästöt eivät kuitenkaan riitä kompensoimaan tiukoista päästönormeista aiheutuneita hankintakustannuksia. Skotlannissa on arvioitu vähäpäästöisten autojen hankinnan nopeuttamisella saavutettavien päästövähennysten kustannuksiksi noin 1200 €/t, jos vähäpäästöisten autojen hankintaa tuettaisiin n. 7000 eurolla per auto (Atkins 2009). Eurooppalaisissa selvityksessä puolestaan arvioitiin vähäpäästöisten autojen hankintaan kannustavien veronkevennyksien

Ilmastopaneeli

päästövähennyskustannukseksi 199 €/t, jos veronkevennys olisi enimmillään noin 5000 €/auto (Schade et al. 2011).

Suomen kokonaiskustannukset tiukentuneista päästötasoista ovat nykyarvoltaan noin 4,3 mrd. € vuosina 2022–2050 (Taulukko 20). Kumulatiivisten päästövähennysten ollessa 13,6 Mt tämä tarkoittaa päästöjen vähennyskustannukseksi 320 €/t. Kansalaisten polttoainekustannukset kuitenkin pienenevät myös. Energian säästön nykyarvo vuosilta 2022–2050 on noin 1,6 mrd. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee 200 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle merkittäviä kustannuksia aiheuttava. Tiukentuvilla päästönormeilla ei ole merkittäviä vaikutuksia valtion verokertymään.

Taulukko 20. EU:n uusien henkilöautojen tiukentuvan päästönormin päästö- ja kustannusvaikutukset.

Vuosi	Myyntimäärä	Autojen hintalisä €/auto	Autojen hankinnan lisäkustannus M€	BAU CO2 g/km	Uusi CO2 g/km	CO2-päästövähennys Mt	Energian kulutuksen vähenemä TWh	Energian säästö M€
2022	96272	399	38	98	94	0,01	0,03	2
2023	95411	884	84	98	90	0,02	0,08	5
2024	94519	1368	129	98	86	0,04	0,17	10
2025	93599	1853	173	98	83	0,07	0,29	17
2026	92650	2338	217	98	80	0,10	0,43	26
2027	91671	2822	259	98	76	0,14	0,60	36
2028	90663	3307	300	98	73	0,19	0,80	48
2029	89626	3792	340	98	70	0,24	1,01	60
2030	88560	4276	379	98	68	0,29	1,25	74
2031	87312	4276	373	98	68	0,34	1,47	87
2032	86064	4276	368	98	68	0,39	1,68	100
2033	84816	4276	363	98	68	0,44	1,88	112
2034	83568	4276	357	98	68	0,48	2,07	123
2035	82320	4276	352	98	68	0,52	2,24	133
2036	81072	4276	347	98	68	0,56	2,40	143
2037	79824	4276	341	98	68	0,59	2,54	151
2038	78576	4276	336	98	68	0,62	2,67	159
2039	77328	4276	331	98	68	0,65	2,78	165
2040	76080	4276	325	98	68	0,67	2,88	171
2041	74832	4276	320	98	68	0,69	2,96	176
2042	73584	4276	315	98	68	0,70	3,03	180
2043	72336	4276	309	98	68	0,72	3,08	183
2044	71088	4276	304	98	68	0,73	3,12	185
2045	69840	4276	299	98	68	0,73	3,16	187
2046	68592	4276	293	98	68	0,74	3,17	188
2047	67344	4276	288	98	68	0,74	3,19	189
2048	66096	4276	283	98	68	0,74	3,19	189
2049	64848	4276	277	98	68	0,74	3,18	188
2050	63600	4276	272	98	68	0,74	3,17	187
Yhteensä (euromääräisissä nykyarvo, korko 3 %)			4337			13,6	58,5	1618

Politiikkatoimet

Ajoneuvojen energiankulutuksen pienentämistä voidaan edistää tehokkaimmin vaikuttamalla EU:ssa uusien CO₂-päästörajojen asettamiseksi uusille autoille. Nykyinen raja hiilidioksidipäästöille on 95 g/km vuonna 2021. Rajaa tulee pyrkiä edelleen tiukentamaan kohti enintään 50 g/km tasoa vuonna 2050. Nykyisiin mittausmenetelmiin liittyy kuitenkin vakavia ongelmia, jotka aiheuttavat kymmenien prosenttien eroja todellisen kulutuksen ja laboratoriomittausten välillä. Mittaustavan uudistamiseksi tulisi vaikuttaa EU:ssa, mutta uuden mittaustavan myötä päästörajoja ei pitäisi löysätä. Autojen verotuksen porrastusta CO₂-päästöjen perusteella voidaan tiukentaa nykyisestä ja toisaalta vapauttaa päästöttömät autot veroista. Vähäpäästöisiä autoja ei kuitenkaan missään tapauksessa pidä vapauttaa pysäköintimaksuista tai päästää joukkoliikennekaistoille, vaan kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen edistämisen tulee olla etusijalla.

Epävarmuudet

Henkilöautojen energiankulutuksen pienentämistä ohjaa vaatimus myytävien autojen keskimääräisestä CO₂-päästöstä. Kuluttajien ostopäätöksillä energiatehokkaiden autojen osuus voi lisääntyä, mikäli pienen polttoainekulutuksen omaavat autot ovat riittävän hyvin tunnettuja ja niiden käyttöön ei liity epävarmuutta esimerkiksi energian saatavuudesta. Sekä ajoneuvon että polttoaineen hinta vaikuttaa ostopäätökseen, mutta ne eivät ole ainoita tekijöitä. Ladattavien hybridien yleistymistä rajoittaa autojen korkea hinta.

Lisätietoja

- Atkins and University of Aberdeen 2009. Mitigating transport's climate change impact in Scotland: assessment of policy options. Scottish government social research. (<http://www.gov.scot/Resource/Doc/282791/0085548.pdf>).
- <http://www.ricardo-aea.com/cms/assets/Documents-for-Insight-pages/8.-Review-of-cost-and-efficiency.pdf>
- http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm
- http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisterointit/ensirekisterointien_paastotilastot
- http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/2089/keski-ika_ja_muut_henkilöautokannan_tunnusluvut
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.

LIITE 11. VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET JA KÄYTTÖVOIMAT

Kuvaus

Nykyiseen autokantaan sopivilla uusiutuvilla polttoaineilla ja vaihtoehtoisia käyttövoimia käyttävillä uusilla autoilla liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää tehokkaasti. Suomessa Neste ja UPM valmistavat uusiutuvista raaka-aineista korkealaatuista polttoainetta, joka sopii dieselajoneuvojen polttoaineeksi sekä sellaisenaan että missä tahansa suhteessa tavanomaiseen fossiiliseen dieselpolttoaineeseen sekoitettuna. Bioetanolia voidaan nykyisin sekoittaa bensiiniin 10 tilavuusprosenttia (jatkossa mahdollisesti jopa 25 %), FFV-autojen (Flexible Fuel Vehicle) polttoaineesta 85 % voi olla bioetanolia. FFV-autojen osuus autokannasta on pieni, mutta autoja on saatavilla eivätkä ne ole juuri vastaavia tavanomaisia autoja kalliimpia. Lisäaineistettu etanoli sopii myös erikoisrakenteisten raskaiden ajoneuvojen polttoaineeksi. Suomessa näitä autoja on vain muutama koekäytössä, Tukholman bussikalustosta suuri osa on etanolidieseileitä. St1 valmistaa bioetanolia jätemateriaaleista. Kolmas ajoneuvojen biopolttoainevaihtoehto on biometaani. Biometaani sopii vain kaasujoneuvojen polttoaineeksi. Kaasua käyttävät henkilöautot ovat kaksoispolttoaineautoja, jotka toimivat sekä bensiinillä että kaasulla. Autoja on hyvin saatavilla, eikä lisähinta vastaavaan bensiiniautoon verrattuna ole suuri. Yleistymistä rajoittaa kaasun jakeluasemien rajallinen määrä.

Sähköautoja on saatavilla useiden autovalmistajien suosituimmista malleista, mutta niiden yleistymistä rajoittaa bensiini- ja dieselautoihin verrattuna korkea hinta ja rajoitettu toimintamatka. Sähköautojen etuja ovat hyvä hyötysuhde, päästöttömyys ajon aikana ja alhainen melutaso. Suomessa on myös lohkolämmitintolppien myötä hyvä valmius sähköautojen lataukseen. Sähkön käyttäminen liikenteessä ei aiheuta merkittäviä tarpeita sähköntuotannon lisäämiselle, koska autojen latausta voidaan ohjata älykkäästi ja sopeutua näin sähkön kulutuksen vaihteluihin.

Vetyauto on myös sähköauto, mutta energia on varastoitu akun sijaan vetyyn, josta se muutetaan polttokennossa päästöttömästi sähköksi ja vedeksi. Vedyn etuja akkusähköautoon verrattuna ovat nopea tankkaus ja pitkä toimintamatka, heikkoutena puolestaan korkea hinta ja tankkausinfrastruktuurin rakentamisen tarve. Vetyä voidaan valmistaa useilla teknologioilla ja elinkaaren aikaiset CO₂-päästöt riippuvat vahvasti valmistusprosessista.

Vaikutukset indikaattoreihin

Uusiutuvat polttoaineet ja vaihtoehtoiset käyttövoimat pienentävät energian laskennallista CO₂-sisältöä, koska ne lasketaan liikenteessä nollapäästöisiksi. Niiden tuotannosta syntyy kuitenkin kasvihuonekaasupäästöjä, ja nämä kasvattavat päästöjä muilla sektoreilla kuin liikenteessä. Liikenteessä tulisi käyttää ainoastaan kestävästi tuotettuja CO₂-tehokkaita vaihtoehtoja. Tuotannon päästöjä voidaan ottaa huomioon elinkaaritarkastelulla (well-to-wheel), jossa otetaan huomioon maankäytön, valmistuksen ja kuljettamisen päästöt. Elinkaaripäästöt ovat suuruusluokaltaan seuraavat:

- bensiini ja diesel: 300 g/kWh
- biokaasu jätteistä: 80 g/kWh
- etanoli: 20–250 g/kWh (jätteistä-vehnästä), tässä käytetty 50 g/kWh
- 1. sukupolven biodiesel: 50–250 g/kWh (jätteistä-palmuöljystä), tässä käytetty 100 g/kWh
- 2. sukupolven uusiutuva diesel: 70–160 g/kWh (eläinrasvasta-palmuöljystä), tässä käytetty 100 g/kWh
- sähkö: 0–1000 g/kWh (vesivoima-hiilivoima), tässä käytetty Suomen keskimääräistä sähköntuotannon hiilidioksidipäästöä 160 g/kWh
- vety: 0–1000 g/kWh riippuen tuotantoprosessista ja siihen tarvittavan energian tuotannosta, tässä käytetty 400 g/kWh

Vaikutukset CO₂-päästöihin

BAU-skenaariossa biopolttoaineiden osuus bensiinin ja dieselin energiasisällöstä on 12,5 % vuosina 2030 ja 2050. Jos uusiutuvan dieselin osuus olisi sen sijaan 20 % vuonna 2030 ja 40 % vuonna 2050, henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöt olisivat vuonna 2030 0,2 Mt ja vuonna 2050 0,6 Mt pienemmät kuin BAU-skenaariossa. Muille sektoreille kohdistuvat tuotannon päästöt olisivat vuonna 2050 noin 0,6 Mt, joka on 0,2 Mt suurempi kuin BAU-skenaariossa. Kumulatiivinen päästövähennys BAU-skenaarioon verrattuna 2015–2050 on 8,1 Mt ja muille sektoreille kohdistuvat tuotannon päästöt ovat kumulatiivisesti 2,9 Mt suuremmat kuin BAU-skenaariossa.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien vaikutuksia tarkastellaan vaihtoehdolla, jossa sähkö- ja vetäautojen osuudet uusista autoista kasvavat hyvin nopeasti (Taulukko 21). Sähkö- ja vetäautojen myötä päästöt laskevat merkittävästi. Vuonna 2030 päästöt olisivat 0,2 Mt BAU-skenaariota pienemmät ja vuonna 2050 jo 1,2 Mt pienemmät. Kumulatiivinen päästövähennys 2015–2050 on 15,2 Mt. Muille sektoreille kohdistuvat tuotannon päästöt ovat kumulatiivisesti 5,8 Mt suuremmat kuin BAU-skenaariossa.

Taulukko 21. Uusien autojen käyttövoimajakauma BAU-skenaariossa ja vaihtoehtoisessa tarkastelussa.

Uusien autojen käyttövoimajakauma	bensa	FFV	diesel	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety
2013	62,0 %	0,4 %	37,3 %	0,1 %	0,1 %	0,06 %	0,05 %	0,00 %
2030 BAU	38,8 %	5,0 %	35,0 %	9,0 %	5,0 %	5,0 %	2,0 %	0,2 %
2030 uusi	25,0 %	5,0 %	35,0 %	0,0 %	5,0 %	5,0 %	20,0 %	5,0 %
2050 BAU	28,0 %	10,0 %	25,0 %	10,0 %	10,0 %	10,0 %	5,0 %	2,0 %
2050 uusi	0,0 %	10,0 %	5,0 %	0,0 %	10,0 %	10,0 %	50,0 %	15,0 %

Kustannukset

Uusiutuva polttoaine on kalliimpaa kuin fossiilinen polttoaine. Kun jakeluvaihtetta kasvatetaan, joudutaan kalliimpaa uusiutuvaa polttoainetta käyttämään enemmän, jolloin fossiilisesta ja uusiutuvasta komponentista sekoitettu polttoaine kallistuu. Kustannus muodostuu siitä, kuinka paljon uusiutuvan osuus kasvaa, ja siitä, mikä on näiden kahden komponentin välinen hintaero. Eurooppalaisessa selvityksessä on esitetty seuraavia arvioita uusiutuvilla polttoaineilla saavutettavien päästövähennyksien kustannuksiksi, kun fossiilisen ölyn hinnaksi on oletettu 80 €/barreli. Mitä suurempia päästövähennyksiä tavoitellaan, sitä suuremmat ovat kustannukset. (Schade et al. 2011):

- 1. sukupolven bioetanoli (ruokakasveista): 46–120 €/t
- 2. sukupolven bioetanoli (puupohjainen): 50–130 €/t
- 1. sukupolven biodiesel (ruokakasveista): 55–110 €/t
- 2. sukupolven biodiesel (BTL): 50–170 €/t
- biokaasu: 50–100 €/t
- vety (maakaasusta): 59 €/t
- vety (biomassan kaasutuksella): -60–22 €/t
- vety (elektrolyysillä): 163–294 €/t

Uusiutuvan ja fossiilisen dieselin hintakehitystä on erittäin hankala ennakoita. Tämän takia hintaeroa voidaan käsitellä vakiona, jonka arvoksi voidaan määrittää viime vuosien keskimääräinen hintaero. Tässä tapauksessa se on 0,3 €/l. Suomen kokonaiskustannukset muodostuvat kerrottaessa tiukentuneen jakeluvaihteen aikaansaama litramääräinen uusiutuvan dieselin lisäkulutus hintavakiolla ja diskontataan summa nykyarvoon käyttäen korkona 3 %. Vuonna 2030 uusiutuvan dieselin aiheuttama

lisäkustannus on n. 20 miljoonaa euroa ja vuonna 2050 n. 60 miljoonaa euroa. Kumulatiiviset kustannukset ovat noin 430 milj. €. Tämä tarkoittaa yksikkökustannuksena noin 54 €/vähennetty CO₂-tonni. Uusiutuvan polttoaineen käyttö ei tuo energian säästöä. Mikäli uusiutuva diesel voidaan tehdä kotimaisista raaka-aineista, fossiilisen öljyn ja uusiutuvan dieselin ulkomaisten raaka-aineiden, kuten palmuöljyn, tuonti vähenee ja uusiutuvan polttoaineen tuotanto on kansantalouden kannalta kustannusneutraali (Nylund et al. 2015).

Sähkö- ja vetyautot ovat tällä hetkellä selvästi kalliimpia kuin bensiini- ja dieselautot. Sähköautojen hintalisä on noin 16500 € ja vetyautojen noin 35000 €. Hintaeron ennakoidaan kuitenkin kaventuvan sähköautoilla noin 10000 euroon 2030 ja 2500 euroon 2050. Vastaavasti vetyautojen hintalisä on noin 15000 euroa 2030 ja 4000 euroa 2050. (Nylund et al. 2015, AEA 2012.) Kun näiden vuosien välille oletetaan lineaarinen kehitys ja lasketaan hankinnan lisäkustannukset vastaavasti kuin edellä bensiini- ja dieselautojen energiankulutuksen alentamiselle BAU-skenaarioon verrattuna, saadaan sähkö- ja vetyautojen hankinnan lisäkustannukseksi 2015–2050 noin 5,4 mrd. €, jolloin päästöjen vähentämisen kustannus on noin 350 €/t. Kustannuksia kasvattaa lisäksi infrastruktuurin rakentaminen sähköautojen lataukselle ja vetyautojen tankkaukselle. Jakeluinfrastruktuurin määrä julkisille latauspisteille on yksi latauspiste kymmentä sähköautoa kohti ja yksi tankkauspiste sataa vetyautoa kohti. Peruslatauspisteen hinta on 2000–26000 € ja vedyn tankkauspisteen 0,5–1,5 milj. €. (LVM 2015.) Tässä käytetään latauspisteen hintana 5000 € ja vedyn tankkauspisteen hintana 1 milj. €. Latauspisteitä pitäisi rakentaa vuoteen 2050 mennessä noin 84000 (enimmillään 3600 vuodessa) ja vedyn tankkauspisteitä 2400 (enimmillään 110 vuodessa) enemmän kuin BAU-skenaariossa. Latauspisteiden kustannusten nykyarvo on 220 milj. € ja vedyn tankkauspisteiden 1,2 mrd. €. Kokonaiskustannukset ovat siten 6,8 mrd. €. Energiakustannusten säästölle saadaan nykyarvoksi noin 0,2 mrd. € ja päästövähennysten kustannukseksi 440 €/t. Toimenpide siis aiheuttaa yhteiskunnalle merkittäviä kustannuksia.

Politiikkatoimet

Voimassa oleva biopolttoaineiden jakeluelvoitelaki määrittää osuudeksi 20 % vuonna 2020. Tästä kuitenkin 15 % tulee 2. sukupolven uusiutuvista polttoaineista, jotka lasketaan kaksinkertaisina. Todellinen uusiutuvien osuus energiasta on siis 12,5 % vuonna 2020. Jakeluelvoitetta voidaan edelleen kasvattaa vuoden 2020 jälkeen. Velvoitteen tulisi ulottua mahdollisimman pitkälle ja elinkaaripäästöjen tarkastelun sääntöjen tulee olla selvät, jotta tuottajilla on vakaa toimintaympäristö. Kaasun, sähkön ja vedyn osalta jakeluinfrastruktuurin kehittämisen tulee olla määrätietoista, tähän velvoittaa myös EU direktiivi (2014/94/EU).

Epävarmuudet

Uusiutuvat polttoaineet lasketaan liikenteen CO₂-päästöihin nollapäästöisinä, päästövähennysten epävarmuus tulee polttoaineiden tuotannon elinkaaripäästöjen suuruudesta. Polttoaineiden hintakehitystä on hankala arvioida. Lisäksi uusiutuvan dieselin tuotantokapasiteetti voi olla ainakin lyhyellä aikavälillä rajoittava tekijä, jos jakeluelvoitetta pyritään kasvattamaan rajusti. Sähköautojen osalta kuluttajien kiinnostusta vähentää rajallinen ajomatka varsinkin talvella. Sähköautot sopivat parhaiten kohteisiin, jossa auto on mahdollisimman paljon liikkeellä. Silloin korkea hankintahinta pystytään kattamaan kohtuullisessa ajassa alhaisella energiakustannuksella.

Lisätietoja

- Nylund, N-O., Sipilä, K., Laurikko, J., Tamminen, S., Sipilä, E., Mäkelä, K., Hannula, I. ja Honkatukia, J. 2015. Tieliikenteen 40 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vuoteen 2030: Käyttövoimavaihtoehdot ja niiden kansantaloudelliset vaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00752-15. (http://www.transsmart.fi/files/248/Tutkimusraportti_VTT-R-00752-15_liitteinen.pdf).
- http://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/powering_ahead_kay_et_al-apr2013.pdf

- http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf
- http://www.transec.fi/files/728/Ajoneuvohankkeet_henkiloautot_Jukka_Nuottimaki.pdf
- http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/index_en.htm
- https://www.tem.fi/energia/uusiutuvat_energialahteet/biopolttoaineiden_jakeluvaihto
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=EN>
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.

LIITE 12. KILOMETRIVERO, ROMUTUSPALKKIO JA POLTTOAINEVERON KIRISTÄMINEN

Kuvaus

Suomen ajoneuvokanta on erittäin vanhaa. Valtaosa ajoneuvoista käyttää energianlähteenään fossiilisia polttoaineita. Uudet ajoneuvot puolestaan kuluttavat vähemmän energiaa, käyttävät enemmän vaihtoehtoisia, kestäviä käyttövoimia ja tuottavat siksi vähemmän CO₂-päästöjä kuin vanhat ajoneuvot. Ajoneuvokannan uudistumiseen vaikuttaa se kuinka kauan ajoneuvot ovat käytössä ja kuinka paljon uusia ajoneuvoja myydään vuosittain. Kestävien käyttövoimien osuuteen vaikuttaa niiden osuus vuosittaisesta uusmyynnistä. Näihin kaikkiin seikkoihin voidaan vaikuttaa taloudellisilla ohjaukskeinoilla. Auto- ja ajoneuvoveroa säätelemällä, romutuspalkkiolla ja auton käyttöä verottamalla voidaan saada liikenteen käyttäjät tekemään ilmaston kannalta parempia valintoja. Ilmaston lisäksi näillä valinnoilla on vaikutuksia liikenteestä syntyvään verokertymään.

Auto- ja ajoneuvoveron tulee suosia vähäpäästöisiä ajoneuvoja, ja verotusasteikkoa kiristämällä voidaan kannustaa yhä vähemmän päästöjä tuottavien ajoneuvojen hankintaan. Autoveroa voidaan myös alentaa kaikilla verotuksen tasoilla tai poistaa kokonaan, jolloin uusien ajoneuvojen hankinta tulee edullisemmaksi ja ajoneuvokanta uudistuu ripeämmin. Romutuspalkkiolla voidaan puolestaan kannustaa luopumaan vanhoista ja suuripäästöisistä ajoneuvoista maksamalla romutuksesta rahallinen korvaus. Käytännössä korvaus edellyttää yleensä uuden ajoneuvon hankintaa. Tällöin palkkion ehdoksi voidaan asettaa myös uuden ajoneuvon alhainen päästötaso. Romutuspalkkion on tässä oletettu vaikuttavan vain henkilöautokantaan, mutta romutuspalkkion käyttömahdollisuutta voidaan laajentaa myös esimerkiksi polkupyörän, joukkoliikenteen matkalippujen tai yhteiskäyttöautojen kustannuksiin, jolloin päästövähennykset olisivat suuremmat.

Ajoneuvon käytön verotus kohdistuu taas juuri sinne, missä auton päästöt syntyvät. Käytön verotusta voidaan lisätä korottamalla polttoaineesta maksettavaa veroa tai kehittämällä kuljetun matkan perusteella kerättävä vero (kilometriverso). Molemmissa tapauksissa käytön verotus tulee porrastaa CO₂-päästöjen mukaan.

Vaikutukset indikaattoreihin

Suomessa otettiin vuoden 2008 alussa käyttöön CO₂-perusteinen ajoneuvoverotus, joka on osaltaan parantanut myytyjen autojen energiatehokkuutta ja pienentänyt päästöjä. Ajoneuvoveron perusosa perustuu valmistajan ilmoittamiin CO₂-päästötietoihin tai vaihtoehtoisesti ajoneuvon massaun, mikäli päästötietoja ei ole ajoneuvoliikennerekisterissä (Trafi 2015). Mitä suuremmat ajoneuvon massa tai kilometrikohtaiset ovat, sitä suurempi on myös vero. Teoreettisesti veron tulisi olla yhtä suuri kuin hiilidioksidin aiheuttaman rajahaitan suuruus. Tämä on hankala määrittää, sillä vaikka hiilidioksidille voitaisiin määrittää tarkka hinta, tulisi vielä tietää kuinka paljon ajoneuvolla kuljetaan, jotta ajoneuvon kohdistetulla verolla saataisiin sen käytössä tuottamat päästöt kokonaisuudessaan verotuksen piiriin. Tämän takia käyttöä pyritään verottamaan erikseen polttoaineverolla. Ajoneuvoverolla sen sijaan pyritään ohjaamaan valmistajia valmistamaan ja kuluttajia hankkimaan vähemmän päästöjä tuottavia ajoneuvoja.

Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä selvittänyt työryhmä esitti auto- ja ajoneuvoveron korvaamista käytön mukaan määräytyvällä kilometriversolla. Selvityksen mukaan tämä vähentäisi henkilöautojen suoritetta noin 3,2 mrd. hkm (noin 6 % nykyisestä) ja vastaavasti lisäisi linja-autojen suoritetta noin 1,2 mrd. hkm ja junien suoritetta noin 2 mrd. hkm. Myös Lentomatkojen ja liityntämatkojen (kävelen ja pyörällä) suoritteet lisääntyisivät hieman. (LVM 2013b.) VTT:n kyselytutkimuksen (Innamaa et al. 2015b) perusteella kilometriverso myös siirtäisi henkilöautomatkoja muihin kulkutapoihin, siirtäisi henkilöautomatkojen ajankohtaa ruuhkahuippujen ulkopuolelle ja lyhentäisi autonvaihtoväliä.

Romutuspalkkion poistamien autojen määrä riippuu yksittäisen palkkion suuruudesta ja koko romutuspalkkio-ohjelman budjetista. Uusien autojen myyntiä palkkio lisää vain noin puolet romutettujen autojen määrästä, sillä osa romutuspalkkiota hyödyntäneistä uuden auton ostajista olisi hankkinut auton palkkion hetkellä myös ilman tukea. Toimenpiteen aiheuttama autokannan nuorentuminen on tilapäinen vaikutus, sillä romutuspalkkion lakattua kannan keski-ikä ajautuu ajan myötä takaisin tasapainotilaansa. Lisäksi palkkiojärjestelmä kiihdyttää toteutushetkellään tilapäisesti uusien myytyjen autojen päästötason laskua, sillä se kannustaa vähäpäästöisten autojen hankintaan.

Polttoaineveron kiristys vähentää ajoneuvolla kuljettuja kilometrejä. Henkilöauton tapauksessa polttoaineen hinnan ristijousto matkaan on välillä -0,1 ja -0,3 (Goodwin ym. 2004). Tämä tarkoittaa, että hinnan noustessa 10 % matkakilometrit vähenevät 1 % ensimmäisenä vuonna nousten 3 prosenttiin viidentenä vuonna. Polttoaineveron CO₂-komponentti tulisi noin kaksinkertaistaa, jotta sen nosto aiheuttaisi 10 % nousun polttoaineen hinnassa. Bensiinin kokonaisveroastetta tulisi nostaa 20,8 % ja dieselin peräti 43,3 % polttoaineiden 10 prosentin hinnannousun aikaansaamiseksi (ALV ei mukana).

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Auto- ja ajoneuvoveron suhteen ei ole tehty numeerista tarkastelua päästövaikutusten suhteen. Käytännössä veromuutokset voidaan nähdä yhtenä keinona edellä esitetyille autojen energiankulutuksen pienentämiselle sekä sähkö- ja vetyautojen käytön lisäämiselle.

Kilometriversen käyttöönotto vähentäisi henkilöliikenteen päästöjä BAU-skenaarioon verrattuna noin 0,08 Mt vuosittain, kun käytetään raportissa laskettuja suoritemuutoksia. Jos oletetaan, että kilometriversen otettaisiin käyttöön vuoden 2017 alusta ja päästövähennys pysyy vakiona, kumulatiivinen päästövähennys on 2,7 Mt vuosina 2017–2050.

Noin 20 000 autoa vuonna 2017 romuttava palkkiojärjestelmä vähentäisi päästöjä toteutusvuotenaan ja sitä seuraavina vuosina noin 0,01 Mt verrattuna BAU-kehitykseen. Järjestelmän vaikutukset kestävät kuitenkin sen vaikutuksessa olevien ajoneuvojen elinkaaren yli ja pidemmällä aikavälillä palkkion seurauksena ostetut autot hidastavat autokannan uusiutumista. Tämän seurauksena vuonna 2030 päästövähennys olisi enää 0,001 Mt ja vuonna 2050 vaikutus päästöihin on 0,001 Mt negatiivinen. Kumulatiivinen päästövähennys 2015–2050 on 0,06 Mt.

Polttoaineveron kiristyksellä olisi suurempi vaikutus päästöihin. Esimerkiksi polttoaineen 10 % hinnannousun aiheuttava veronkorotus vuonna 2017 vähentäisi henkilöautojen CO₂-päästöjä toteutusvuotenaan 0,03 Mt, vuonna 2030 0,11 Mt ja vuonna 2050 0,08 Mt BAU-skenaarioon verrattuna. Kumulatiivinen päästövähennys on 3,2 Mt vuosina 2015–2050.

Kustannukset

Auto- ja ajoneuvoveron osalta ei ole tehty numeerista tarkastelua toimenpiteiden kustannuksista.

Kilometriversen käyttöönottoon liittyvät kustannukset ovat raportin mukaan 134 milj. € ja lisäksi ajoneuvolaitteiden kustannukset ovat 330 milj. €. Järjestelmän operointikustannukset ovat 126 milj. € vuodessa. Jos käyttöönoton kustannukset kohdistetaan vuodelle 2016 ja operointikustannukset vuodesta 2017 alkaen, kilometriversen järjestelmän kustannusten nykyarvo on noin 3,0 mrd. € vuosina 2016–2050. Kilometriversen myötä saavutettava energiansäästö on noin 150 milj. €. Vähentyneen henkilöautosuorituksen myötä liikenneturvallisuus paranee ja säästö onnettomuuskustannuksissa on noin 1,4 mrd. €. Tässä lasketut onnettomuuskustannusten säästöt ovat laskentatapojen eroista johtuen hieman pienemmät, kuin työryhmän raportissa esitetyt laskelmat. Yhden vähennetyn CO₂-tonnin hinta olisi kustannukset ja hyödyt huomioon ottaen noin 550 euroa, kun vuosittaiset kustannukset diskontataan vuoteen 2015 käyttäen 3 % korkoa. Toimenpide on siis yhteiskunnallisesti kallis.

Romutuspalkkio on taloudellinen tuki puhtaammalle teknologialle. Romutuspalkkio itsessään ei ole kustannus vaan tulonsiirto. Kustannus muodostuu romutuspalkkiojärjestelmän aiheuttamista kuluista ja taloudellisen toiminnan vääristymisestä, ja sen voidaan arvioida olevan noin viidenneksen järjestelmän kokonaisbudjetista (ks. polttoainevero). Vähennettyä CO₂-tonnia kohden laskettuna romutuspalkkiojärjestelmän kustannukset nousevat sitä mukaan mitä suurempi järjestelmän budjetti on, sillä päästöt eivät vähene samaa vauhtia kustannusten nousun kanssa. Esimerkiksi 20 000 auton romutus voitaisiin saavuttaa noin 30 miljoonan euron suuruisella tuella, ja tällöin vähennetyn CO₂-tonnin hinta olisi noin 500 euroa. Kumulatiivinen energiansäästö olisi noin 15 milj. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee 250 €/t. Toimenpide on siis yhteiskunnalle merkittäviä kustannuksia aiheuttava.

Polttoaineen veronkorotus olisi päästövähennystoimenpiteenä melko kallis kansantaloudellisesti, vaikka se liikennesektorin sisäisessä tarkastelussa ei aiheuta kustannuksia, koska vero itsessään ei ole kustannus vaan tulonsiirto. Kustannus on verotuksen aiheuttama hyvinvointitappio, joka syntyy taloudellisen toiminnan saavuttaman tasapainon muuttuessa. VATT:n arvioiden mukaan kulutusveron rajakustannus voi olla jopa 40-50 % verokertymästä. Tässä kansantaloudellisen kustannuksen on laskettu olevan 22 % verokertymästä. 10 % hinnannousun tapauksessa tämä tarkoittaa noin 109 miljoonaa euroa vuodessa ja kokonaiskustannuksena n. 2,3 mrd. € vuosina 2017–2050. Yhden vähennetyn CO₂-tonnin hinta olisi tällöin noin 1090 euroa, kun kustannustarkastelu ulotetaan vuoteen 2050 ja vuosittaiset kustannukset diskontataan vuoteen 2015 käyttäen 3 % korkoa, joten toimenpide on yhteiskunnan kannalta erittäin kannattamaton. Tämänkaltaisella polttoaineen veronkorotuksella olisi myös suuri fiskaalinen vaikutus eli muutos verokertymässä.

Politiikkatoimet

Kilometriverso korvaisi auto- ja ajoneuvoveron ja suurimmat vaikutukset saataisiin aikaan porrastamalla veron määrä alueellisesti (LVM 2013b).

Julkisilla varoilla toteutettava romutuspalkkio-ohjelma on eduskunnan päätettävissä. Ohjelmaa varten tulee määrittää siihen varattavan valtionosuuden suuruus, yksittäiseen romutettavaan ajoneuvoon kohdistuvan tuen suuruus ja romutuspalkkioon oikeuttavat edellytykset ajoneuvoilta. Euroopassa toteutetuissa ohjelmissa romutetuilta autoilta on vaadittu keskimäärin vähintään kymmenen vuoden ikää ja niistä maksettava palkkio on ollut keskimäärin 1500 euroa (IHS Global Insight 2010). Lisäksi uusille autoille on asetettu päästökatto. Romutuspalkkio ei ole ilmastopoliittisena toimenpiteenä lähtökohtaisesti erityisen kustannustehokas, mutta sen tarkalla suunnittelulla ja mitoituksella ilmastovaikutuksia voidaan parantaa.

Polttoaineveron CO₂-komponentin suuruus on vuonna 2015 bensiinin osalta 16,25 snt/l ja dieselin osalta 18,61 snt/l. Komponentin osuus polttoaineiden kokonaishinnasta on noin 10–15 %. Pieni muutos sen suuruudessa ei vaikuta merkittävästi polttoaineiden kokonaishintaan eikä siksi juuri lainkaan henkilöauton käyttöön ja polttoaineiden kulutukseen. Päästöjen kannalta merkittävä muutos polttoaineiden verotuksessa edellyttäisi CO₂-veron suurta kasvattamista.

Epävarmuudet

Kilometriverso voi vaikuttaa myös henkilöautokannan kokoon ja autojen käyttöikäen autoveron poistumisesta johtuvan hintojen alenemisen seurauksena. Vaikutuksia on kuitenkin vaikea arvioida, koska toisaalta alhaisempi hankintahinta voi kasvattaa autokannan kokoa, toisaalta autojen käyttöikä voi lyhentyä.

Romutuspalkkio voi olla hankala suunnitella sellaiseksi, että se samanaikaisesti houkuttelee auton omistajia ja edistää merkittävästi liikenteen ilmastovaikutuksia. Uusilla ajoneuvoilla ajetaan enemmän kuin vanhoilla, joten vaikka kilometrikohtainen päästö olisi uudella pienempi, saattaa lisääntyä

liikkuminen mitätöidä tämän vaikutuksen. On epävarmaa kohdistuuko romutuspalkkio liikennekäytössä olleisiin autoihin vai romutetaanko sen avulla autoja, jotka eivät ole olleet käytössä eivätkä siten ole tuottaneet myöskään päästöjä.

Liikenteen fossiilisia polttoaineita verotetaan jo nyt paljon Suomessa. Veronkorotus aiheuttaisi todennäköisesti paljon julkista keskustelua ja vastustusta. Veroja yhdisteltäessä on olemassa riski päällekkäisestä verotuksesta, ellei verotusta ole suunniteltu tarkasti.

Lisätietoja

- LVM 2013b. Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä. Työryhmän loppuraportti. LVM:n julkaisu 37/2013.
http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=2497123&name=DLFE-22565.pdf&title=Julkaisu%2037-2013
- Innamaa, S., Malin, F., Rämä, P. 2015. Kilometriverson vaikutukset liikkumiseen. VTT Technology 227. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T227.pdf>
- http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara
- http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report_scrapping_schemes_en.pdf
- http://www.vatt.fi/julkaisut/uusimmatJulkaisut/julkaisu/Publication_6093_id/903

LIITE 13. TAVARANKULJETUSTEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Kuvaus

Tavaraliikenteen määrän ja kuljetettavien tuotteiden ominaisuudet määräytyvät Suomen elinkeinorakenteen perusteella. Toimialoilla on selvästi erilaiset kuljetusprofiilit kuljetusmuotojakauman, kuljetusmatkojen ja tavaraerien koon suhteen. Kaikille toimialoille yhteisiä päästövähennystoimenpiteitä ovat kuitenkin: kuljetusten siirto ilmasta ja teiltä rautateille ja vesille, keskimääräisen kuormakoon kasvattaminen, tyhjänä ajon vähentäminen, kuljetusvälineiden energiankulutuksen pienentäminen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien käyttäminen. Kolmen ensimmäisen osalta avainasia on tavaravirtojen yhdistely mahdollisimman suuriksi kokonaisuuksiksi yritysten välistä yhteistyötä lisäämällä. Yhteistyötä voidaan edesauttaa reaaliaikaisella tiedonsiirrolla kuljetusasiakkaiden ja -yritysten välillä sekä internet-pohjaisilla lastinvälityskanavilla.

Kuljetusmuotojakaumaan voidaan vaikuttaa esimerkiksi suuryksiköiden (merikontti, vaihtolava, puoliperävaunu) käytön lisäämisellä ja muilla terminaali-toimintojen nopeuttamistoimilla sekä uuden ratakapasiteetin rakentamisella kuljetusaikojen lyhentämiseksi. Keskimääräistä kuormakokoa voidaan kasvattaa pakkausten ja lastitilojen optimoinnilla ja tiettyjen tavaralajien osalta kuorma-autojen suurimpia sallittuja mittoja ja massoja kasvattamalla. Tyhjänä ajon vähentämiseksi voidaan lisätä reaaliaikaisten aikataulutuksen ja reitityksen optimointiohjelmien käyttöä ja tehdä yritysten välistä yhteistyötä lastaus- ja purkuajankohtien koordinoinnissa. Polttoaineenkulutuksen alentaminen on jo pitkään ohjannut hyötyautojen kehitystä. Kuljetusvälineiden energiankulutusta voidaan vähentää pienentämällä niiden omamassaa, mikä mahdollistaa myös vastaavasti suuremmat kuormat. Omamassan alentaminen on jossain määrin mahdollista materiaaliratkaisuilla. Aerodynamiikan, renkaiden ja moottorin sekä apulaitteiden kehittämisellä ja sähköistämällä sekä ajotapojen parantamisella voidaan vähentää energiankulutusta merkittävästi, jopa 40 % (AEA 2012). Moottori- ja ajoneuvotekniset ratkaisut häviöiden pienentämiseksi ovat tulevaisuudessa yhä tärkeämpiä, koska myös raskaiden ajoneuvojen energiankulutukselle suunnitellaan rajoituksia EU:ssa. Vaihtoehtoisista käyttövoimista uusiutuva diesel on käytettävissä heti. Jakelukuorma-autojen osalta hybridiratkaisut ja pakettiautojen osalta täyssähköautot ovat jo olemassa olevia vaihtoehtoja. Nesteytetty biokaasu on myös mahdollinen tulevaisuuden käyttövoima ja pidemmällä aikavälillä tärkeimmillä tiekuljetusten pääväylillä myös johdinsähkökuorma-autojen käyttö on mahdollista.

Vaikutukset CO₂-päästöihin

Jos kuorma-autokuljetusten tyhjänä ajon osuus liikennesuoritteesta pienenesi 9,1 %-yksikköä nykyisestä, keskimääräinen kuormakoko kasvaisi kolmanneksen nykyisestä ja polttoaineenkulutus l/100km pienenesi kolmanneksen nykyisestä, CO₂-päästöt vähenisivät 39 % nykyisestä. BAU-skenaarioon verrattuna kuorma-autokuljetusten päästöt olisivat 30 % (0,45 Mt) pienemmät vuonna 2050. Jos oletetaan, että päästövähennykset kasvavat lineaarisesti nolasta vuonna 2015 0,45 Mt tasolle vuonna 2050, kumulatiiviset päästövähennykset ovat noin 8,1 Mt.

Kustannukset

Kuljetusten tehostaminen pienentää energia-, ajoneuvo- ja kuljettajakustannuksia. Tavaravirtojen yhdistely voi kuitenkin lisätä tavarankäsittelyn kustannuksia ja pidentää kuljetusaikoja, jolloin tavarahan sidotun pääoman kustannus kasvaa. Britanniassa toteutetulla kuljetusten parhaita käytäntöjä levittäneellä ohjelmalla saavutettujen päästövähennysten kustannuksiksi on arvioitu noin 10 €/t (Databuild 2007). Euroopan tasolla vastaavalle ohjelmalle on arvioitu päästövähennyskustannukseksi 0,22 €/asukas/vuosi (Schade et al. 2011). Siten Suomessa ohjelman kustannukset olisivat noin 1,2 milj. € vuodessa ja noin 40 milj. € vuosina 2015–2050. Tämän päälle voitaisiin varata noin 1,8 milj. € vuodessa kuljetusten energiatehokkuutta parantavien investointien tukemiseen. Ohjelman kustannukset

olisivat siis 100 milj. €. Lisäksi kuljetusyrittäjät joutuvat maksamaan energiankulutukseltaan alhaisemmasta kalustosta BAU-kehitykseen verrattuna korkeampaa hintaa. Hintalisä on AEA:n (2012) mukaan 10–15 %, eli 15000–30000 €/kuorma-auto. Jos oletetaan hintalisän olevan 15000 €/kuorma-auto vuonna 2030 ja 30000 €/kuorma-autot vuonna 2050 ja kuorma-autojen myynnin olevan 4000 autoa vuodessa, energiankulutukseltaan pienempien kuorma-autojen hankinnan nykyarvo on n. 2,3 mrd. €. Kokonaiskustannukset ovat siis n. 2,4 mrd. €. Kumulatiivinen energian säästö on noin 1,1 mrd. €, joten päästövähennysten kustannukseksi tulee 140 €/t. Toimenpidekokonaisuus on siis yhteiskunnalle merkittäviä kustannuksia aiheuttava.

Politiikkatoimet

Julkinen sektori voi edellyttää omissa kuljetushankinnoissaan tarjoajilta energiatehokkuussopimuksen ja tulevaisuudessa laajemman vastuullisuusmallin käyttöä. Pienyritysvaltaisella kuljetustoimialalla yritysten mahdollisuudet investoida kaluston energiatehokkuuden kehittämiseen ovat rajalliset. Mahdollisuuksia voidaan parantaa investointituki tai -lainajärjestelmällä. Kaupunkilogistiikassa kaupungit voivat perustaa jakelukeskuksia, joiden kautta kaupunkikeskustojen kuljetukset hoidetaan keskitetysti. Vähentyvät jakelukuljetukset parantavat myös keskustojen viihtyisyyttä ja turvallisuutta jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kannalta.

Epävarmuudet

Kuljetusvälineiden kehittämisessä yhden ominaisuuden optimointi voi heikentää toista, esimerkiksi kuormakoon optimointi voi lisätä tyhjänä ajoa, jos kuormatila soveltuu vain tiettyjen tavaroiden kuljettamiseen. Aerodynamiikan optimointi puolestaan voi pienentää kuormatilaa. Kuorma-autojen sallittujen mittojen ja massojen kasvattaminen puolestaan voi vähentää rautatiekuljetusten houkuttelevuutta. Suomen tiekuljetusala on pienyritysvaltainen, mikä hidastaa uusien teknologioiden käyttöönottoa.

Lisätietoja

- http://www.lvm.fi/docs/fi/1986562_DLFE-13615.pdf
- <http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/kahmaraportti.pdf>
- <http://www.internationaltransportforum.org/Topics/Workshops/WS3McKinnon.pdf>
- <http://www.koganpage.com/product/green-logistics-9780749471859>
- Liikennevirasto 2014. Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-13_valtakunnallinen_tieliikenne-ennuste_web.pdf
- Databuild 2007. Freight Best Practice Programme Impact Assessment. Final Report.
- Schade W., Akkermans L., Fiorello D., Jopson A., Köhler J., Krail M., Moizo A., Schade B., Shepherd S., Sievers L., Tercero L., vanHerle K., Weiss C., Wiesenthal T. (2011): Bottom-up quantifications of selected measures to reduce GHG emissions of transport for the time horizons 2020 and 2050: Cost assessment of GHG mitigation measures of transport. Deliverable D3.1 of GHG-TransPoRD Project.
- http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_32_2015_summary_future_measures_for_fuel_savings.pdf