

Paikalliset vaikutusmahdollisuudet henkilöautoliikenteen kasvihuonekaasupäästöihin

Tapaustarkastelu Pohjois-Pohjanmaalla

Santtu Karhinen, Teemu Meriläinen ja Teemu Ulvi

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1 / 2022

Paikalliset
vaikutusmahdollisuudet
henkilöautoliikenteen
kasvihuonekaasupäästöihin

Tapaustarkastelu Pohjois-Pohjanmaalla

Santtu Karhinen, Teemu Meriläinen ja Teemu Ulvi



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1 | 2022
Suomen ympäristökeskus
Kulutuksen ja tuotannon keskus

Kirjoittajat: Santtu Karhinen, Teemu Meriläinen, Teemu Ulvi
Suomen ympäristökeskus

Vastaava erikoistoimittaja: Juha Peltomaa

Rahoittaja/toimeksiantaja: Pohjois-Pohjanmaan liitto/Suomen rakennerahasto-ohjelma
Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Teemu Ulvi
Kannen kuva: Adobe Stock

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut ja helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-5455-3 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

Julkaisuvuosi: 2022



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Tiivistelmä

Paikalliset vaikutusmahdollisuudet henkilöautoliikenteen kasvihuonekaasupäästöihin Tapaustarkastelu Pohjois-Pohjanmaalla

Tässä raportissa esitellään keväällä 2021 julkaistu, alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentajärjestelmään pohjautuva skenaariotyökalu (Suomen ympäristökeskus 2021b) ja sen käyttömahdollisuuksia henkilöautoliikenteen päästövähennysskenaarioiden luomisessa. Henkilöautoliikenteen päästövähennysmahdollisuuksia ja skenaarioita tarkastellaan erityisesti paikallisella eli kuntatasolla. Mahdollisia erilaisia toimenpiteitä ja ohjauskeinoja päästöjen vähentämiseksi on koottu suomalaisesta ja kansainvälisestä tutkimuskirjallisuudesta. Skenaariotyökalun sovellusesimerkkien pohjalta esitetään arvioita tehokkaimista, paikallisista liikenteen päästövähennystoimenpiteistä.

Koska raportissa keskitytään henkilöautoliikenteeseen, rajataan tarkastelu käyttöperusteisella laskentatavalla laskettuihin päästöihin. Käyttöperusteisessa laskennassa kuntaan kohdistetaan kaikki päästöt, jotka aiheutuvat kyseiseen kuntaan rekisteröityjen ajoneuvojen ajosuoritteista. Toisin sanoen päästöt lasketaan kuuluvaksi ajoneuvon rekisteröintikuntaan riippumatta siitä, minkä kuntien alueella ajosuorite tapahtuu.

Päästövähennysskenaarioita tarkastellaan yhteensä kahdeksassa kunnassa Pohjois-Pohjanmaalla (Haapajärvi, Ii, Lumijoki, Muhos, Nivala, Pyhäjärvi, Tyrnävä ja Utajärvi). Raportti on tehty osana VÄRE-hanketta (Elinvoimaa Pohjois-Pohjanmaalle vähähiilisillä ja resurssiviisailta ratkaisuille), jonka kohdekuntia em. kunnat olivat.

Raportissa tarkastellaan kahta päästövähennysskenaariota. Ajosuoriteskenaariossa edistetään palveluiden saavutettavuutta ja julkisen liikenteen käyttöä sekä lisätään kevyen liikenteen väylien määrää, jotta yksityisautoilun tarve ja ajosuorite vähenevät. Käyttövoimaskenaariossa kunnan henkilöautokannasta osa siirretään sähkön ja kaasun käyttöön.

Skenaariotarkastelujen perusteella tehokkaimmiksi henkilöautoliikenteen päästövähennyskeinoiksi kohdekunnissa osoittautuivat palveluiden saavutettavuuden parantaminen sekä ajoneuvokannan käyttövoimamuutokset. Palveluiden saavutettavuutta voidaan parantaa kunnassa esimerkiksi kaavoituksella tai palvelupisteiden määrää kasvattamalla. Käyttövoimamuutoksia voidaan puolestaan edistää muun muassa kehittämällä sähköautojen julkista latausinfrastruktuuria ja informaatio-ohjauksen avulla.

Asiasanat: tieliikenne, autoliikenne, henkilöautot, kasvihuonekaasut, päästöt, kunnat, laskentamallit, laskentamenetelmät, laskentajärjestelmät, menetelmät, mallintaminen, ohjauskeinot, skenaariot

Sammandrag

Lokala möjligheter att påverka personbilstrafikens växthusgasutsläpp Fallundersökning i Norra Österbotten

I denna rapport presenteras ett scenarieverktyg som publicerats 2021 och grundar sig på kalkylsystemet för regionala växthusgasutsläpp (Finlands miljöcentral 2021b) och dess användningsmöjligheter i att skapa scenarier för att minska utsläppen från personbilstrafiken. Möjligheter och scenarier för att minska trafikens utsläpp granskas i synnerhet på lokal nivå, det vill säga på kommunal nivå. Olika möjliga åtgärder och styrmetoder för att minska utsläppen har samlats från den finländska och internationella forskningslitteraturen. På basis av scenarieverktygets tillämpningsexempel anges bedömningar av de effektivaste, lokala åtgärder för att minska utsläppen från trafiken.

Eftersom man koncentrerar på personbilstrafiken i rapporten, avgränsas granskning till utsläppen som beräknats med ett beräkningssätt enligt bruk. Vid beräkning enligt bruk riktas till kommunen alla utsläpp som orsakas av körning med fordon som registrerats i kommunen i fråga. Med andra ord beräknas utsläppen att höra till den kommun i vilken fordonet har registrerats, oavsett i vilka kommuners område körningen äger rum.

Scenarierna för att minska utsläppen granskas i sammanlagt åtta kommuner i Norra Österbotten: Haapajärvi, Ijo, Lumijoki, Muhos, Nivala, Pyhäjärvi, Tyrnävä och Utajärvi. Rapporten har gjorts som en del av projektet VÄRE (Livskraft till Norra Österbotten med resurssmarta och koldioxidsnåla lösningar), vars målkommuner de ovannämnda kommunerna var.

I rapporten granskas två scenarier för att minska utsläppen. I scenariot för körprestationer främjas tjänsternas tillgänglighet och användning av kollektivtrafik samt ökas antalet gång- och cykelvägar för att minska behovet av personbilstrafiken och antalet körprestationer. I scenariot för drivkraft flyttas en del av kommunens personbilbestånd till att använda el och biogas.

Enligt scenariegranskningarna visade sig de effektivaste sätten att minska utsläppen från personbilstrafiken i målkommunerna vara förbättring av tjänsternas tillgänglighet samt ändringar i fordonsbeståndets drivkraft. Kommunerna kan förbättra tjänsternas tillgänglighet till exempel med planläggning eller genom att öka antalet servicepunkter. Ändringarna i drivkraft kan å sin sida främjas bland annat genom att utveckla den offentliga infrastrukturen för laddning av elbilar och med informationsstyrning.

Nyckelord: vägtrafik, biltrafik, personbilar, växthusgaser, utsläpp, kommuner, beräkningsmodeller, beräkningsmetoder, beräkningssystem, metoder, modellering, styrmetoder, scenarier

Abstract

Local measures for the reduction of greenhouse gas emissions from passenger car traffic Case study in the North Ostrobothnia Region, Finland

This report presents a tool for the creation of greenhouse gas (GHG) emission reduction scenarios for municipalities. The tool was published in spring 2021 (Suomen ympäristökeskus 2021b), and it is based on the Finnish regional greenhouse gas emission assessment tool. The report also demonstrates possibilities to use the tool for the creation of GHG emission reduction scenarios for passenger car traffic, especially on a local level in municipalities. In addition, available measures and policy instruments have been collected from Finnish and international research articles. Based on the scenarios created, the most effective local measures for emission reduction are suggested.

As the emission scenarios focus on passenger car traffic, the assessment is outlined for use-based emissions. Thus, the emissions of passenger cars are allocated to the municipality where a car is registered. It makes no difference where the vehicle mileage takes place. The scenarios were made for eight municipalities in the North Ostrobothnia Region (Haapajärvi, Ii, Lumijoki, Muhos, Nivala, Pyhäjärvi, Tyrnävä and Utajärvi) who participated the VÄRE project (Well-being and prosperity from low-carbon and resource-wise solutions in North Ostrobothnia).

The report presents two different emission reduction scenarios. In the vehicle mileage scenario, the need for private passenger car traffic diminishes due to the enhanced supply of services and public transport and the lengthening of light transport network. In the propulsion power scenario, the passenger cars with gasoline and diesel engines in the municipalities will be replaced by fully electric or biogas-powered vehicles to some extent.

Based on the scenario analyses, the most effective measures to reduce GHG emissions for passenger cars are the enhancement of the supply of services and the increase in fully electric and biogas-powered vehicles. The service supply can be enhanced, for example, by land-use planning and increasing the number of service points, and the number of fully electric cars can be increased by adding public charging infrastructure and providing more information.

Keywords: road traffic, car traffic, passenger cars, greenhouse gases, emissions, municipalities, calculation models, calculation methods, calculations systems, methods, modelling, policy instruments, scenarios

Esipuhe

Tässä raportissa tarkastellaan tieliikenteen päästöjen muodostumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä mahdollisia toimenpiteitä ja ohjauskeinoja päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi arvioidaan mahdollisuuksia vaikuttaa henkilöautoliikenteen päästöihin paikallisella tasolla kunnissa. Toimenpiteiden päästövaikutusten arviointia varten on kehitetty laskentamalli, jonka avulla on luotu tapaustarkasteluna skenaariot liikenteen päästöjen vähentämisestä kahdeksassa Pohjois-Pohjanmaan kunnassa. Malli on yhdistetty osaksi Suomen ympäristökeskuksen keväällä 2021 julkaisemaa kuntien kasvihuonekaasupäästöjen skenaariotyökalua. Raportti sisältää kuvauksen skenaariotyökalusta ja tarjoaa esimerkkejä sen hyödyntämisestä tieliikenteen päästövähennysmahdollisuuksien arvioinnissa.

Työ on tehty osana VÄRE-hanketta (Elinvoimaa Pohjois-Pohjanmaalle vähähiilisillä ja resurssiviisailla ratkaisulla). Päästövähennystoimenpiteiden vaikutuksia on arvioitu hankkeen kahdeksassa yhteistyökunnassa Haapajärvellä, Iissä, Lumijoella, Muhoksella, Nivalassa, Pyhäjärvellä, Tyrnävällä ja Utajärvellä.

VÄRE-hankkeen päärahoittaja oli Pohjois-Pohjanmaan liitto Euroopan aluekehitysrahaston varoista. Raportti on tehty Suomen ympäristökeskuksen Oulun toimipaikassa. Erikoistutkija Santtu Karhinen on vastannut päästövähennyskeinojen arviointimallin kehittämisestä ja vaikutusten analysoinnista. Tutkija Teemu Meriläinen on koontanut yhteenvedon liikenteen päästöjen syntyyn vaikuttavista tekijöistä ja mahdollisista päästövähennyskeinoista kotimaisen ja kansainvälisen kirjallisuuskatsauksen perusteella. Tutkimusinsinööri Teemu Ulvi on toiminut hankkeen projektipäällikkönä, osallistunut raportin kirjoittamiseen ja vastannut sen viimeistelystä.

Oulussa 21.12.2021

Tekijät

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Sammandrag	4
Abstract.....	5
Esipuhe	7
1 Johdanto	9
2 Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta ja tieliikenteen päästöt.....	11
2.1 Alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentatavat.....	11
2.2 Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen laskentatavat.....	12
3 Miten tieliikenteen päästöihin voidaan vaikuttaa?	15
3.1 Päästöjen muodostuminen	15
3.2 Vältä-Siirrä-Paranna-malli.....	16
3.3 Ohjauskeinot	18
3.4 Alueelliset ja paikalliset vaikutusmahdollisuudet liikenteen päästöihin	25
4 Henkilöautoliikenteen päästöjen mallintaminen	26
4.1 Autokannan rakenteeseen ja ajosuoritteeseen vaikuttavia tekijöitä.....	26
4.2 Päästövaikutusten mallintaminen	27
4.3 Ajoneuvojen käyttövoimat.....	31
5 Tapaustarkastelun kohteet	35
5.1 Kohdekuntien perustiedot.....	35
5.2 Ajosuoritteet ja ajoneuvokanta	37
5.3 Kohdekuntien liikenteen päästöt.....	39
6 Skenaariotarkastelu henkilöautoliikenteen päästöjen vähentämiseksi.....	41
6.1 Skenaariotarkastelun aikajänne ja perusskenaario.....	41
6.2 Ajosuoriteskenaario	42
6.3 Käyttövoimaskenaario	45
7 Yhteenveto.....	49
Sanasto.....	51
Litteet.....	54
Lähteet	58

1 Johdanto

Vuonna 2018 Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 56 334 kt hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂e). Päästöistä lähes 75 % syntyi energiasektorilla, jonka alla myös liikenteen päästöt tilastoidaan. Kotimaan liikenteen päästöt olivat 11 664 kt CO₂e eli 20,7 % kokonaispäästöistä (Suomen virallinen tilasto 2021b). Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän kuntien ja alueiden päästölaskentajärjestelmän mukaan tieliikenteen päästöt muodostivat siitä lähes 95 % eli 11 025 kt CO₂e (Suomen ympäristökeskus 2021a).

Euroopan unionin ilmastopolitiikan tärkeimpiä keinoja päästövähennysten aikaansaamiseksi ovat päästökauppajärjestelmä ja kansalliset tavoitteet päästökaupan ulkopuolisille aloille eli niin sanotulle taakanjakosektorille (Ympäristöministeriö 2021a). Päästökauppaa sovelletaan voimalaitoksiin, useisiin paljon energiaa kuluttaviin teollisuudenaloihin sekä EU:n, Norjan ja Islannin lentokenttien välillä lentäviin lentokoneisiin (EUR-Lex 2018). Päästökauppasektorin vähennystavoite on 43 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Tieliikenteen päästöt kuuluvat taakanjakosektorille, jolle on asetettu maa-kohtaiset tavoitteet. Suomen taakanjakosektorin päästövähennystavoite on 39 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä (Ympäristöministeriö 2021a).

EU:n voimassa oleva päästövähennystavoite on 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä mukaan lukien päästöt ja poistumat. Euroopan komissio on esittänyt tämän tavoitteen kiristämistä 55 %:iin. Lisäksi nykyistä päästövähennyspolkua ehdotetaan muutettavaksi niin, että ilmastoneutraalius saavutettaisiin vuoteen 2050 mennessä (Euroopan komissio 2020). Euroopan neuvosto ja parlamentti pääsivät huhtikuussa 2021 alustavaan poliittiseen yhteisymmärrykseen näiden EU:n ilmastotavoitteiden kirjaamisesta lainsäädäntöön (Eurooppa-neuvosto & Euroopan unionin neuvosto 2021).

Suomen kansalliset päästötavoitteet ovat kovemmat kuin EU:n nykyisin voimassa olevat tavoitteet. Ilmastolain (609/2015) 6 §:n mukaan Suomen on vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 80 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 vertailutasosta. Marinin hallitus on asettanut tavoitteeksi, että Suomi on hiilineutraali 2035 ja hiilinegatiivinen pian sen jälkeen. Tämän raportin kirjoitushetkellä ilmastolakia ollaan uudistamassa siten, että hallituksen tavoite hiilineutraaliudesta täyttyisi. Samoin ilmasto- ja energiastrategia ja keskipitkän aikavälin suunnitelma (KAISU) päivitetään (Ympäristöministeriö 2021b).

Taakanjakosektorille kuuluvat liikenteen lisäksi öljylämmityksen ja muun lämmityksen, päästökaupan ulkopuolisten kaukolämpö- ja teollisuuslaitosten, työkoneiden, maatalouden, jätteiden käsittelyn ja F-kaasujen päästöt. Tieliikenne on taakanjakosektorin päästölähteistä suurin, sen osuus oli 37 % sektorin päästöistä vuonna 2018 (Suomen ympäristökeskus 2021a). Kansallisella tasolla Suomi on sitoutunut vähentämään kotimaan liikenteen päästöjä (ilman kotimaan lentoliikennettä) vähintään 50 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä (Andersson ym. 2020).

Osana edellä mainittuihin tavoitteisiin pääsemistä Suomen valtio on asettanut tavoitteita vähäpäästöisten ajoneuvojen määrille. Sähköautoja (ml. täyssähkö ja ladattavat hybridit) pitäisi tavoitteen mukaan olla yhteensä 250 000 kappaletta vuoteen 2030 mennessä. Kaasuautojen määrälle tavoitteeksi on asetettu 50 000 kappaletta samaan määräaikaan mennessä (Ympäristöministeriö 2017). VÄRE-hankkeessa mukana olevien kahdeksan kunnan (Haapajärvi, Ii, Lumijoki, Muhos, Nivala, Pyhäjärvi, Tyrnävä, Utajärvi) osalta tavoitteen saavuttaminen tarkoittaisi noin 2 500 sähköautoa ja noin 500 kaasuautoa vuonna 2030. Kuntien tämänhetkinen autokanta on noin 27 000 henkilöautoa (Traficom 2021a).

Tämän virallisen tavoitteen lisäksi on ehdotettu myös tiukempia ja kunnianhimoisempia tavoitteita esim. liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportissa (Särkijärvi ym. 2018). Työryhmä esittää tavoitteeksi, että vuoteen 2030 mennessä sähköautoja olisi 670 000 ja kaasuautoja 130 000 ja vuoteen 2045 mennessä sähköautoja olisi noin 2 miljoonaa ja kaasuautoja neljännesmiljoona. Raportissa oletetaan, että autojen kokonaismäärä hieman vähenisi. VÄRE-hankkeen kohdekuntien osalta nämä ehdotuk-

set tarkoittaisivat noin 6 700 sähköautoa ja noin 1 300 kaasuautoa vuonna 2030 ja 20 000 sähköautoa ja 2 500 kaasuautoa vuonna 2045.

Suomen ilmastopaneelin laatima visio nettonollapäästötilanteen saavuttamisesta Suomessa jo 2035 käytti laskennassa jopa 745 000 sähköauton ja 103 200 kaasuauton määrää vuodelle 2030 (Seppälä ym. 2019a). Visiossa sähköautoja olisi noin 27 % ja kaasuautoja noin 3,8 % koko henkilöautokannasta. Tämä tarkoittaisi VÄRE-hankkeen kohdekunnissa noin 7 500 sähköautoa ja 1 000 kaasuautoa vuonna 2030. Tässä visiossa Suomen automäärän on oletettu pysyvän ennallaan, noin 2,7 miljoonassa.

Autoiluun liittyy kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi myös maankäyttöön ja terveyteen liittyviä haittoja. Gössling ym. (2019) arvioivat kustannus-hyötyanalyysissään, että autoilun kustannukset ovat noin 500 miljardia vuodessa Euroopan unionin alueella. Pyöräily ja kävely sen sijaan tuottavat nettohyötyjä terveysvaikutustensa vuoksi. Autoilun haittojen kustannukset, joita syntyy mm. päästöistä, ovat arvion mukaan noin 11 senttiä/kilometri. Onkin tärkeää suunnitella liikkumiskäytösiten, että ne ottavat huomioon parhaalla mahdollisella tavalla myös eri liikkumismuotojen ulkoisvaikutuksia.

Liikenteen päästöjen vähentäminen vaatii teknologisen kehityksen lisäksi myös politiikkatoimia, sillä liikkumistarpeen lisääntyminen syö tehokkuudesta saatuja hyötyjä. Lisäksi vaaditaan monipuolisesti eri toimien hyödyntämistä aluesuunnittelusta polttoaineiden käytön tehokkuuden parantamiseen, jotta ilmastonmuutoksen ja kestävä kehityksen suhteen asetetut tavoitteet voitaisiin saavuttaa (Lah ym. 2019). Yksilöiden ja kotitalouksien liikkumisvalintoihin vaikuttavat monet seikat, ja auton omistamiseen liittyviä taustatekijöitä on tutkittu maailmalla laajasti. Paikallisella tasolla yksilöiden valintoihin liikkumisen suhteen voidaan vaikuttaa rajoitetummalla keinovalikoimalla.

Tässä raportissa käydään läpi, mitkä tekijät vaikuttavat tieliikenteen päästöjen syntyyn ja esitellään erilaisia ohjauskeinoja ja toimenpiteitä henkilöautoliikenteen päästöjen vähentämiseksi. Päänäkökulma tarkastelussa on toimenpiteissä, joita voidaan käyttää paikallisella tasolla eli kunnissa. Raportissa esitellään myös keväällä 2021 julkaistu alueellisten kasvihuonepäästöjen laskentamalliin pohjautuva skenaariotyökalu (Suomen ympäristökeskus 2021b) ja sen käyttöä henkilöautoliikenteen päästövähennysskenaarioiden luonnissa. Skenaariotyökalun sovellusesimerkkien pohjalta esitetään arvioita tehokkaimmista paikallisista toimenpiteistä liikenteen päästöjen vähentämiseksi tarkastelun kohdekunnissa. Arvioinnissa keskitytään henkilöautoliikenteeseen, koska suuri osa paikallisista vaikuttamismahdollisuuksista kohdistuu siihen.

2 Kasvihuonekaasupäästöjen laskenta ja tieliikenteen päästöt

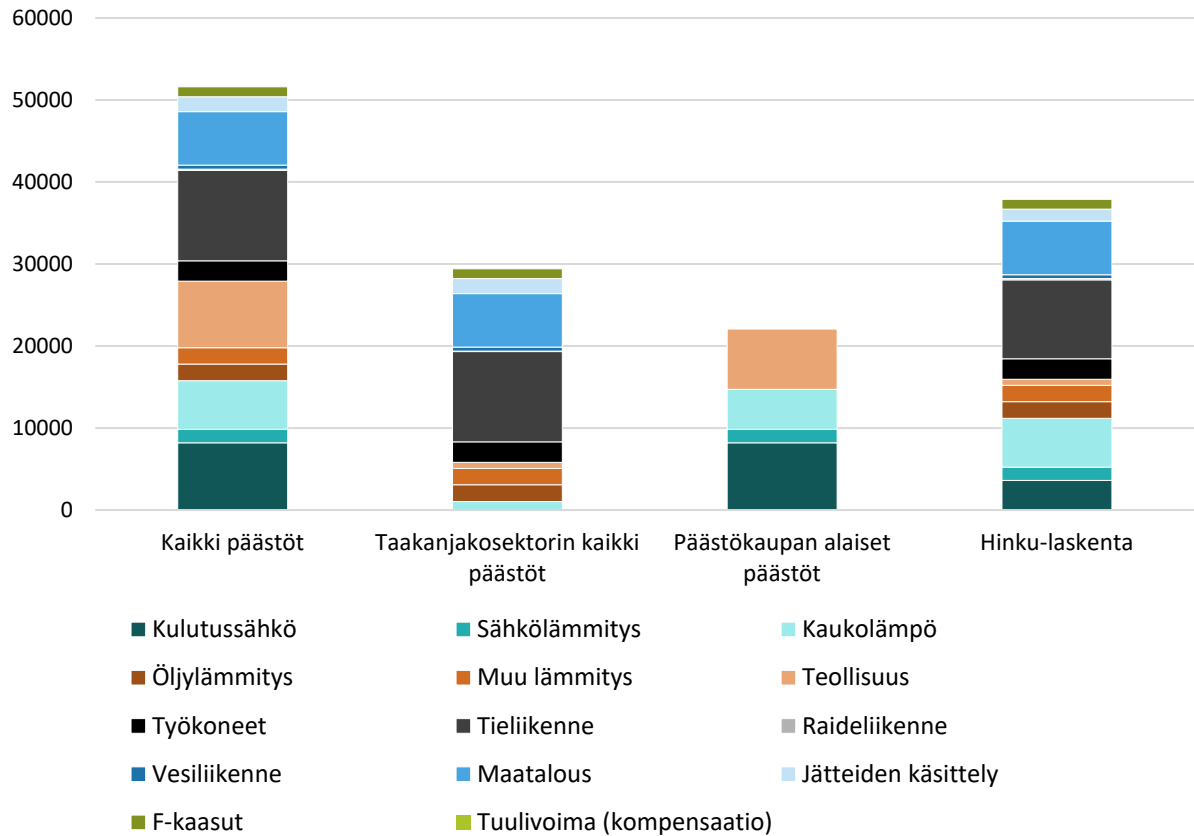
2.1 Alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentatavat

Alueelliset kasvihuonekaasupäästöt voidaan laskea eri tavoin (Taulukko 1, Lounasheimo ym. 2020). Tuotantoperusteisessa laskennassa tarkasteltavaan kuntaan kohdistetaan kaikki kunnan maantieteellisten rajojen sisäpuolella syntyvät päästöt. Tuotantoperusteisessa laskennassa ei huomioida, minkä kunnan alueella tuotetun hyödykkeen loppukäyttö tapahtuu. Kulutusperusteinen päästölaskenta on sen sijaan huomattavasti haastavampaa, koska alueen kotitalouksien energian ja hyödykkeiden kulutuksesta, investoinneista ja julkisista hankinnoista tulisi olla yksityiskohtaista tietoa. Kulutusperusteisessa laskennassa pyritään huomioimaan tuotettujen hyödykkeiden koko tuotantoketjussa aiheutuneet päästöt. Tuotanto- ja kulutusperusteisten laskentatapojen väliin sijoittuu käyttöperusteinen laskentatapa, jossa lähtökohtana on tuotantoperusteisuus, mutta tiettyjen sektoreiden osalta lasketaan kulutusperusteiset päästöt.

Käyttöperusteisen laskentatavan esimerkki on Suomen ympäristökeskuksen ALas-päästölaskentamalli, jossa lasketaan kasvihuonekaasupäästöt kaikille Suomen kunnille vuodesta 2005 lähtien (Lounasheimo ym. 2020, Suomen ympäristökeskus 2021a). Laskentajärjestelmä noudattelee kansainvälisten standardien mukaisia laskentasääntöjä, ja se kattaa yhteensä 80 päästösektoria. Pääasialliset päästösektorit kattavat muun muassa eri lämmitysmuodot (sähkö, maalämpö, öljy, puu, kaukolämpö), sähkön kulutuksen (lämmityssähkö ja muu kulutussähkö), työkoneet, tieliikenteen (henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma-autot sekä kaksipyöräiset ja mopot), vesiliikenteen, raideliikenteen, jätteiden käsittelyn, teollisuuden ja F-kaasut. ALas-laskentamallissa päästöjä voidaan tarkastella useilla eri tavoilla, joista niin sanotut Hinku-laskentasääntöjen mukaiset päästöt esitetään oletusarvona. Hinku-päästöt sisältävät niiden sektoreiden päästöt, joihin kunta voi pyrkiä suoraan tai välillisesti vaikuttamaan. Tämän vuoksi esimerkiksi koko päästökauppasektori ei sisälly Hinku-päästölaskentaan. Eri laskentarakajauksilla laskettujen kokonaispäästöjen eroja on havainnollistettu kuvassa 1.

Taulukko 1. Alueellisten kasvihuonekaasupäästöjen laskentatapojen määritelmät Lounasheimon ym. (2020) mukaan.

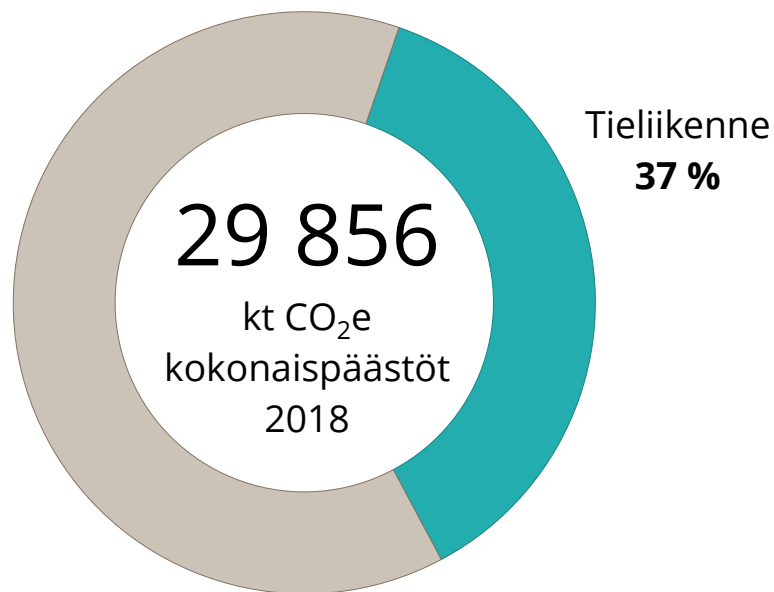
Laskentatapa	Kuvaus
Tuotantoperusteinen	Alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa päästöt lasketaan niiden tuotantopaikkakunnan mukaan
Kulutusperusteinen	Alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa päästöt lasketaan tarkasteltavalla alueella tapahtuvan kulutuksen mukaan niin, että päästöarvioon sisältyvät kaikkien kuluttajien tuotteiden koko tuotantoketjun päästöt
Käyttöperusteinen	Suomessa yleisesti käytetty alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa osa päästöistä lasketaan niiden tuotantopaikkakunnan ja osa alueella tapahtuvan kulutuksen mukaan.



Kuva 1. Eri rajauksilla lasketut Suomen kaikkien kuntien kokonaispäästöt vuonna 2018 ALas-laskentajärjestelmän mukaan (Suomen ympäristökeskus 2021a).

2.2 Tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen laskentatavat

Suomessa liikenteen päästöt raportoidaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n ylläpitämässä LIPASTO-järjestelmässä (VTT 2021a). Järjestelmä kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä työkoneet. Osana LIPASTO-järjestelmää toimii LIISA-päästölaskentamalli, jolla tuotetaan Suomen viralliset vuosittaiset tieliikenteen päästömäärät (VTT 2021b). LIISA-mallin mukaan Suomen tieliikenteen päästöt vuonna 2018 olivat noin 11 Mt CO₂e. Tieliikenteen päästöt muodostivat yli kolmanneksen kaikista taakanjakosektorin päästöistä (Kuva 2). Siksi liikenne onkin yksi tärkeimmistä päästövähennyskohteista taakanjakosektorilla. LIISA-laskentamallin mukaan tieliikenteen päästöistä 54 % syntyi henkilöautoista, 32 % kuorma-autoista, 8 % pakettiautoista, 5 % linja-autoista ja noin 1 % moottoripyöristä, mopoista ja mopoautoista. Neljäsosa tieliikenteen päästöistä syntyi kuntien katuverkostolla ja kolme neljäsosaa maanteillä.



Kuva 2. Tieliikenteen osuus taakanjakosektorin kokonaispäästöistä (Suomen ympäristökeskus 2021a).

ALas-mallissa tieliikenteen päästöt on esitetty kolmella eri tavalla: 1) alueperusteiset päästöt, 2) käyttöperusteiset päästöt ja 3) alueperusteiset päästöt, joista on vähennetty läpiajoliikenteen aiheuttamat päästöt (Lounasheimo ym. 2020). Laskentatavoissa 1 ja 3 hyödynnetään LIISA-mallin tietoja. Laskentatapa 2 perustuu Traficomien ylläpitämän ajoneuvorekisterin tietoihin (Traficom 2021a).

LIISA-mallin laskentatavassa kaikki kunnan kaduilla ja teillä tapahtuvat ajosuoritteet, niistä aiheutuvat päästöt ja energiankulutus kohdennetaan kyseiseen kuntaan. Ajosuoritteet perustuvat Liikenneviraston ilmoittamiin tietoihin. Tiedot lasketaan erikseen henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma-autoille sekä moottoripyörille, mopoautoille ja mopoille. Autoliikenteen tiedot esitetään erikseen kaduille ja teille, kun taas moottoripyörien, mopoautojen ja mopojen tietoja ei eritellä. LIPASTO:n alueperusteisen laskentaperiaatteen vuoksi tieliikenteen päästöjen määrä korostuu kunnissa, joiden alueella liikkuu paljon myös muihin kuntiin rekisteröityjä ajoneuvoja. Laskentajärjestelmässä muihin kuntiin rekisteröityjen ajoneuvojen ajosuoritteita kutsutaan läpiajoliikenteeksi.

ALas-mallin Hinku-sääntöjen mukaisessa laskennassa henkilöautojen, moottoripyörien, mopojen ja mopoautojen päästöt lasketaan käyttöperusteisesti. Paketti-, linja- ja kuorma-autoille lasketaan alueperusteiset päästöt, mutta ilman muihin kuntiin rekisteröityjen ajoneuvojen läpiajoliikennettä (ns. oma tieliikenne). Tieliikenteen päästölaskentatapojen sisällöt ja eroavaisuudet on kuvattu taulukossa 2.

Taulukko 2. Tieliikenteen eri päästölaskentatapojen laskentaperusteet ajoneuvoluokittain. Hinkusääntöjen mukaiseen laskentaan sisältyvät osiot on merkitty paksummalla ruksilla ja vaaleansinisellä värillä (Lounasheimo ym. 2020).

Tieliikenne	Käyttöperusteinen	Oma tieliikenne	Läpiajoliikenne	Alueperusteinen (LIISA-malli)
Henkilöautot – tiet	x	x	x	x
Henkilöautot - kadut	x	x	x	x
Pakettiautot – tiet	x	x	x	x
Pakettiautot - kadut	x	x	x	x
Linja-autot – tiet	x	x	x	x
Linja-autot - kadut	x	x	x	x
Kuorma-autot - tiet	x	x	x	x
Kuorma-autot – kadut	x	x	x	x
Moottoripyörät	x			x
Mopot	x			x
Mopoautot	x			x

Koska tässä raportissa keskitytään henkilöautoihin, rajataan tarkasteltaviksi päästöiksi käyttöperusteisella laskentatavalla lasketut päästöt. Käyttöperusteisessa laskentatavassa kuntaan kohdistetaan kaikki päästöt, jotka aiheutuvat kyseiseen kuntaan rekisteröityjen ajoneuvojen ajosuoritteista. Toisin sanoen päästöt lasketaan kuuluvaksi ajoneuvon rekisteröintikuntaan riippumatta siitä, minkä kuntien alueella ajosuorite tapahtuu. Päästölaskenta perustuu Traficomien ajoneuvorekisterin tietoihin ajoneuvon käyttökunnasta ja ominaispäästöistä, viimeisimmässä katsastuksessa todettuihin matkamittarilukemiin sekä ajoneuvon käyttöönottoajankohtiin.

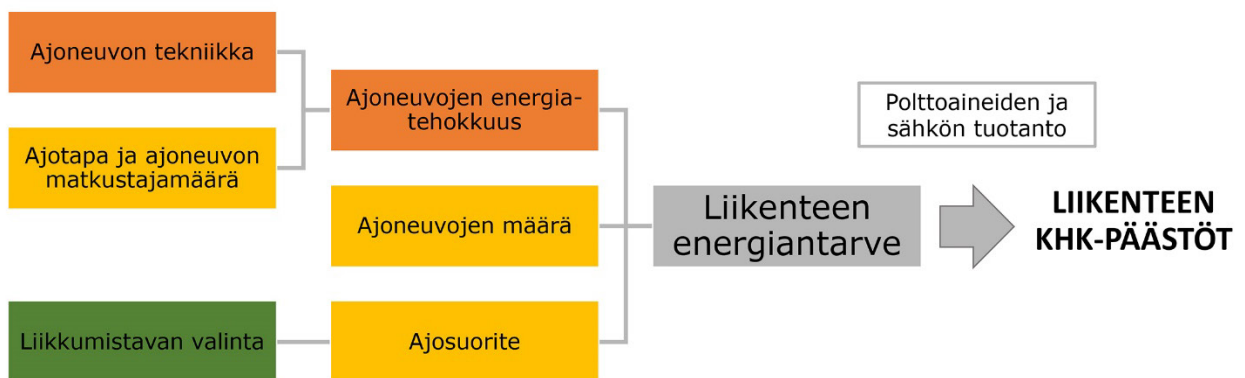
Ajoneuvokohtaisista vuotuisista ajosuoritteista lasketaan kuntakohtainen keskimääräinen ajosuorite. Kuntaan rekisteröityjen ajoneuvojen ominaispäästökertoimista lasketaan kuntakohtainen ominaispäästön keskiarvo. Tällöin kuntakohtaiset käyttöperusteiset henkilöautokannan päästöt lasketaan kuntakohtaisen keskimääräisen ajosuoritteen ja ominaispäästökertoimen tulona.

Keskimääräisten ajosuoritteiden laskennasta jätetään pois uudet autot, joille ei ole tehty ensimmäistä määräaikaikatsastusta. Päästöjen laskennassa näille autoille oletetaan sama keskimääräinen ajosuorite kuin kuntaan rekisteröidyille autoille, joiden matkamittarilukemat on tallennettu ajoneuvorekisteriin. Vanhojen ajoneuvojen (käyttöönottovuosi ennen vuotta 2005) osalta ominaispäästötiedot ovat puutteellisia. Puuttuvien ominaispäästötietojen kohdalle tiedot on täydennetty erikseen diesel- ja bensinikäyttöisille autoille iskutilavuusluokittain. Täydennetyt luvut perustuvat vuosina 2005-2010 rekisteröityjen ajoneuvojen ominaispäästöihin.

3 Miten tieliikenteen päästöihin voidaan vaikuttaa?

3.1 Päästöjen muodostuminen

Jotta liikenteen päästöjä voitaisiin vähentää, on tärkeää tietää, miten päästöt muodostuvat ja mitkä ovat tärkeimmät mahdollisuudet vaikuttaa niihin. Liikenteen päästöjen muodostumista on avattu kuvassa 3. Liikenteen päästöjä määrittää ensisijaisesti liikenteen energiantarve, joka muodostuu ajoneuvojen määrästä, ajosuoritteesta ja siitä, kuinka tehokkaasti jokainen ajoneuvo käyttää hyödyksi energian ajosuoritteiden toteuttamiseksi. Ajoneuvojen energiatehokkuus taas määrittyy ajoneuvon tekniikasta ja ajotavan taloudellisuudesta. Kuvassa 3 on vihreällä merkitty ne osa-alueet, joihin voidaan vaikuttaa paikallisesti tai Suomen tasolla, keltaisella ne, joihin voidaan vaikuttaa osittain ja oranssilla ne, joihin vaikutusmahdollisuudet ovat vähäisiä tai niitä ei ole Suomen tasolla lainkaan.



Kuva 3. Liikenteen päästöjen muodostuminen.

Suomen tapauksessa autotuotanto tapahtuu pääosin ulkomailla ja tekniset ratkaisut määritellään muualla. Suomi voi luonnollisesti vaikuttaa EU:n tasolla tehtäviin päätöksiin, jotka vaikuttavat huomattavasti autovalmistajien liikkumavaraan. Esimerkkinä tästä ovat valmistajia sitovat hiilidioksidipäästöta- sot, joihin heidän tuottamiensa autojen pitää keskimäärin pystyä.

Ensisijaisesti liikenteen päästöjen vähentämisessä pitäisi tähdätä suoritteiden määrän vähentämiseen välttämällä turhaa liikennettä. Tällöin liikkumista tapahtuisi suunnitelmallisemmin ja mielellään vähemmillä ajoneuvoilla (ts. yhteiskäyttö ja julkinen liikenne). Ajoneuvoliikenteestä pitäisi siirtyä mahdollisimman paljon kevyen liikenteeseen.

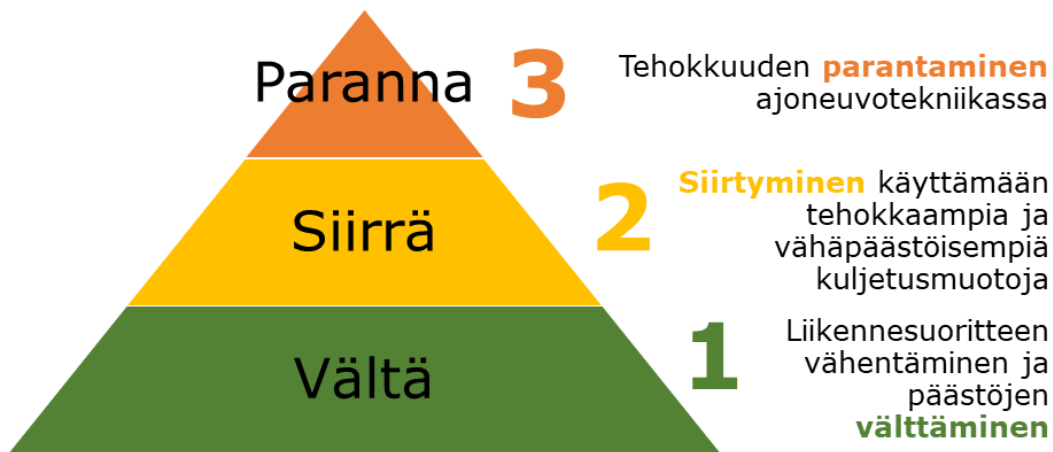
Ajoneuvojen määrällä on luonnollisesti myös suora vaikutus liikenteen energiantarpeeseen ja siitä syntyviin päästöihin. Ajoneuvojen määrä on kasvanut, mutta sen lisäksi ajoneuvokannan koostumuksessa on tapahtunut muutoksia. Ajoneuvojen koko on kasvanut, mikä on osaltaan syönyt tekniikan kehityksen tuomia säästöjä polttoaineen kulutuksessa. Keskimäärin Suomessa ensirekisteröityjen uusien henkilöautojen ominaispäästöt (g CO₂/km) ovat vähentyneet, mutta uusien dieselkäyttöisten henkilöautojen ominaispäästöt ovat kääntyneet kasvuun (Traficom 2021c). Tätä selittää mm. se, että pienet dieselautot ovat poistuneet markkinoilta. Käytettyjen henkilöautojen tuonti ulkomailta on puolestaan kasvanut, ja usein maahantuoduilla autoilla korvataan uuden auton ostaminen Suomessa. Käytetyistä autoista eniten on tuotu dieselautoja, jotka ovat pääsääntöisesti olleet Suomessa myytyjä uusia autoja suurempia ja suurempipäästöisiä, mikä osaltaan vaikeuttaa liikenteen ilmastotavoitteiden saavuttamista (Andersson ym. 2020). Vaikka sähköistyminen ja vähähiiliset vaihtoehdot fossiilille polttoaineille voivat vähentää ajoneuvojen päästöjä huomattavasti, energiantarve kasvaa ajoneuvojen koon mukana. Kokonaisenergia-

tehokkuuden kannalta olisikin hyödyllistä, että kuluttajat eivät hankkisi liian kookkaita ajoneuvoja tarpeisiinsa nähden.

Henkilöautokannan sähköistyminen on yksi selkeä tapa vähentää päästöjä. Sähköautojen elinkaaren yli lasketut päästöt syntyvät pääosin valmistusvaiheessa. Pienemmät sähköautot tuottavat päästöjä elinkaaren yli laskettuna vähemmän kuin mitkään perinteiset polttomoottoriautot, suuretkin sähköautot ovat vastaavan luokan perinteisiä polttomoottoriautoja parempia (Ellingsen 2016).

3.2 Vältä-Siirrä-Paranna-malli

Liikenteen päästöjen vähentämistä voidaan tarkastella ns. Vältä-Siirrä-Paranna -mallin (ASI engl. 'Avoid-Shift-Improve') kautta (esim. Dalkmann ym. 2014 ja Bongardt ym. 2019, kuva 4). Malli luo hierarkian eri tapojen vaikuttavuudelle ja haluttavuudelle. Paras päästövähennyksen keino olisi raamin mukaan välttää liikennesuoritteen syntymistä. Toinen taso on siirrä. Tällä tasolla päästövähennystä tavoitellaan siirtämällä liikkumista hyödyntämään vähempipäästöisiä vaihtoehtoja, esimerkiksi lisäämällä julkista liikennettä. Kolmannella tasolla liikkumisen energiatehokkuutta pyritään parantamaan, esimerkiksi henkilöautojen tekniikka kehittämällä.



Kuva 4. Liikenteen päästöjen vähentämisen hierarkia (Avoid-Shift-Improve). Visualisoitu yllä mainittujen lähteiden pohjalta.

Liikenteen vähentäminen (Vältä, 'Avoid') olisi paras tapa vähentää päästöjä, jos ihmisten tarpeet voitaisiin täyttää vähemmällä liikkumisella. Käytännössä tämä on osoittautunut vaikeaksi. Tieliikenteen ajo-suoritteet ovat lisääntyneet 1990-luvun alun lamavuosia lukuun ottamatta tasaisesti. Koronaepidemian vaikutuksesta vuonna 2020 ajokilometrit vähenivät 4 % (Suomen virallinen tilasto 2021d). Kuljetusten ja liikkumisen siirtäminen energiatehokkaampiin ja vähäpäästöisempiin kuljetusmuotoihin (Siirrä, 'Shift') on huomattavasti helpompaa ja tähän voidaan vaikuttaa monilla keinoilla. Esimerkiksi sähköpyörillä voidaan korvata henkilöautoilla tapahtuvaa liikkumista. Ruotsalaisessa tutkimuksessa on arvioitu, että automattojen korvaaminen sähköpyörämatkoilla voisi vähentää jopa 14-20 % keskimääräisistä henkilökohtaisista liikkumisen hiilidioksidipäästöistä (Winslott-Hiselius & Svensson 2017).

Julkisessa keskustelussa saa tällä hetkellä paljon huomiota kolmas porras eli olemassa olevien voimanlähteiden energiatehokkuuden ja teknologian parantaminen vähäpäästöisemmäksi (Paranna, 'Improve'). Esimerkiksi Liikenne- ja viestintäministeriön asettaman, fossiilittoman liikenteen työryhmän suosituksissa nostetaan esiin vaihtoehtoisten käyttövoimien rooli sekä liikennevälineiden energiatehok-

kuus (Andersson ym. 2020). Liikenteessä vaadittavien päästövähennemien saavuttaminen vaatii myös selkeää siirtymistä vähäpäästöisempiin käyttövoimiin, joita ovat sähkö, biokaasu ja muut biopolttoaineet. Näiden lisäksi vety on nostettu esiin mahdollisena vaihtoehtona. Vedyn osalta ajoneuvojen ja tankkausinfrastruktuurin puute ja suuret epävarmuudet liittyen sen liikennekäyttöön ovat niin huomattavat vielä tällä hetkellä, että sitä ei tarkastella tässä raportissa. Eri polttoaineiden ja voimanlähteiden ilmasto- ja ympäristövaikutusten arviointi voidaan tehdä erilaisilla rajauksilla ja oletuksilla, millä on vaikutusta saataviin tuloksiin. Esimerkiksi sähköntuotannon päästöt vaikuttavat sähköautojen päästöihin. Sähkömoottorit ovat energiatehokkaita, ja käyttövoimana sähkön päästöt vähenevät sähköntuotannon päästöjen mukana. Elinkaaren yli laskettujen ilmastovaikutuksien osalta sähkö on paras käyttövoima ja päästöt ovat 35 % bensiiniauton vastaavista Suomen sähköntuotannolla (Hill ym. 2020).

Maakaasulla ajamisen päästöt ovat noin 20 % pienemmät verrattuna vastaavaan bensiiniautoon (Gustafsson ym. 2021). Biokaasua käytettäessä polttoaineen sisältämä hiili on peräisin ns. jo kierrossa olevasta hiilestä, joten sen päästövaikutuksia arvioitaessa tulee katsoa elinkaarta laajemmin kuin vain ”tankista-renkaisuun” (engl. TTW, ’Tank-to-Wheel’). Päästöt riippuvat mm. käytetystä raaka-aineesta ja voivat vaihdella suuresti (Uusitalo 2014). Päästövähennys biokaasun käytöllä on 20-80 % biojätteestä tehtynä ja 72-202 % lietalannan kohdalla verrattuna vastaavaan bensiiniautoon. Lietalantapohjaisen biokaasun nettonegatiiviset päästöt johtuvat siitä, että toiminnalla estetään lannan metaanipäästöjä (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2018).

Biopohjaisissa polttoaineissa on monia vaihtoehtoja: uusiutuva diesel, etanoli, ns. synteettiset polttoaineet (Power to X-polttoaineet, P2X) ja biodiesel (FAME, HVO). Etanolia on vuodesta 2011 lähtien sekoitettu Suomessa bensiiniin maksimissaan 10 % (Autoalan tiedotuskeskus 2021). Sen lisäksi tarjolla on E85-polttoainetta, jonka käyttö vaatii flexfuel-auton tai konversion bensiiniautoon. Muista vaihtoehdoista Suomessa on tällä hetkellä tarjolla myös uusiutuvaa dieseliä ja biodieseliä. Synteettisiä polttoaineita ei ole käytössä. Suomessa oli vuoden 2020 alussa noin 140 E85-polttoainetta tarjoavaa asemaa ja 50 uusiutuvaa dieseliä sellaisenaan tarjoavaa asemaa. (Andersson ym. 2020). Liikennekaasun tankkauspisteitä oli kesällä 2021 reilut 60 (Gasum Oy 2021).

Lyng ja Brekke (2019) arvioivat elinkaariarviointimenetelmällä (LCA) eri voimanlähteiden ilmastovaikutuksia joukkoliikenteessä. Parhaiten arvioinnissa suoriutuivat vesivoimalla tuotettua sähköä käyttävät sähköbussit, uusiutuva HVO-diesel ruoanlaiton jäteöljystä ja biokaasu. Huolimatta monista vaihtoehdoista vaaditaan teknologisen kehityksen lisäksi myös muutoksia liikkumiskäyttäytymisessä, jotta päästövähennystavoitteisiin voidaan päästä kustannustehokkaasti (Liimatainen ym. 2018).

Autokannan sähköistymistä tuetaan, ja lisäksi biokomponentin lisäämisellä polttoaineisiin on vähennetty perinteistenkin polttomoottoriautojen päästöjä normaalin teknologisen kehityksen lisäksi. Vaikkakin teknologioissa on potentiaalia suuriin päästövähennyksiin verrattuna käytössä oleviin, on otettava huomioon siirtymän hitaus. Autokanta uudistuu hitaasti, vaikka uusissa autoissa vähäpäästöiset vaihtoehdot kuten sähköautot nousisivat isoon osaan. Energiatehokkuutta parantavien keksintöjen yleistyminen voi kestää useita vuosia, jopa yli vuosikymmenen (Fridstrøm 2017).

Polttomoottorien kehitys on parantanut autojen energiatehokkuutta, ja voidaan olettaa, että ajoneuvokannan energiatehokkuus tulee paranemaan myös tulevaisuudessa. Lisäksi biopolttoaineiden osuuden lisääntyminen on tuonut ja tuo päästövähennyksiä. Jos kuitenkin samaan aikaan ajosuoritteen määrä kasvaa, voidaan syödä ulkoisista syistä (esim. lainsäädännön vaatimukset biopolttoaineen osuudesta sekä tekninen kehitys) syntyvät päästövähennykset (Nylund ym. 2016).

Päästövähennyksiä arvioitaessa on otettava huomioon se, että ajettaessa kahta käyttövoimaa hyödyntävillä ajoneuvoilla päästövähennyksien todellinen määrä riippuu fossiilisella polttoaineella tapahtuvan ajon määrästä. Esimerkiksi ladattavat hybridit voivat kulkea sähköisen toimintasäteensä puitteissa hyvin vähäpäästöisesti, mutta akun kantaman jälkeen polttoaineen kulutus voi olla huomattavakin malista riippuen. Autoalan tiedotuskeskuksen (2020) kyselytutkimuksen mukaan ladattavien hybridien sähköllä ajon osuus oli 53 %. Sähköllä ajon suhteellisen osuuden todettiin vähenevän vuosittaisten ajokilometrien mukaan.

Liikenteen ilmastopoliitiikan työryhmän loppuraportti nostaa esiin biokaasun roolin liikenteen päästöjen vähentämisessä (Särkijärvi ym. 2018). Biokaasun eduiksi mainitaan mm. kotimaisuus, joka lisää energiaomavaraisuutta. On myös tärkeää lisätä käyttäjien tietoisuutta taloudellisista ja ympäristöä säästävistä ajotavoista ja keinoista hyödyntää tehokkaasti rajalliset sähkö- tai kaasukantamat hyvällä suunnittelulla. Varsinkin siirtymävaiheessa rajoitetut lataus- ja tankkausmahdollisuudet tekevät tästä tärkeää. Maa- ja metsätalousministeriön teettämä selvitys vuodelta 2018 nosti markkinoiden kehityksen ja liikennebiokaasun hyödyntämisen esteeksi vähäisen ajoneuvomäärän (Rautio 2018). Selvityksen mukaan yksittäisenkin biokaasulaitoksen on todennäköisesti vaikea saavuttaa tarvittavaa myyntiä, jotta se voisi keskittyä ainoastaan liikennekäyttöön tarkoitetun metaanin tuottamiseen. Selvityksen mukaan potentiaalia liikennekäytön lisäämiselle on paljon jäljellä jo nykyisilläkin biokaasun tuotantomäärillä.

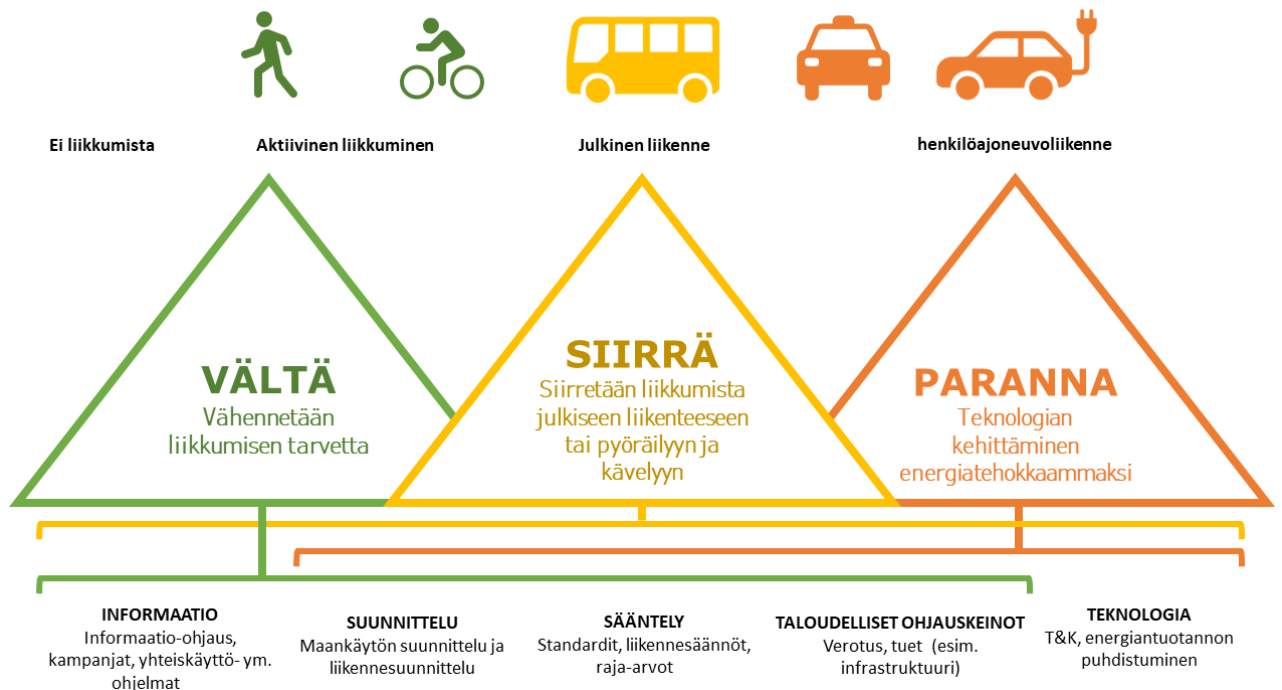
Biokaasun hyödyntämiseen liikenteessä vaikuttavat politiikkatoimet, taloudelliset seikat, teknologia ja tuotantopotentiaali (Uusitalo 2014). Nämä osa-alueet myös vaikuttavat toisiinsa ja voivat joko tukea tai estää biokaasun hyödyntämistä. Isoja haasteita hyödyntämisessä ovat mm. uusien biokaasuautojen saatavuus ja infrastruktuurin hajanaisuus, varsinkin Pohjois-Suomessa. Poliitiikan osalta valtio on pyrkinyt tukemaan esimerkiksi kaasutankkausinfrastruktuuria. Gasum Oy on Suomessa suurin kaasutankkausasemia omistava toimija ja on laajentanut infrastruktuuria viime vuosina. Liikennekäyttöä vaikeuttaa erityisesti kaasukäyttöisten henkilöautojen saatavuuden epävarmuus. Raportin kirjoitushetkellä ainoastaan Volkswagen-konsernin kaasukäyttöisiä henkilöautoja myydään Suomessa. Vuonna 2019 Euroopassa myytiin myös Fiatin ja Opelien valmistamia kaasuhenkilöautoja (NGVA Europe 2019), ja joitakin malleja on aiemmin tuotu myös Suomeen, mutta maahantuonti on lopetettu. Myös Volkswagen on ilmoittanut lopettavansa kaasuhenkilöautojen kehityksen ja keskittyvänsä sähköautoihin (Murphy & Menzel 2020). Biokaasun rooli tieliikenteen päästöjen vähennyksessä voikin olla keskeisempi raskaassa liikenteessä.

Sähkö- ja kaasuautojen kustannustehokkaat edistämiskeinot (GASELLI) -hankkeen loppuraportissa nostetaan esiin muutamia pääkeinoja sähkö- ja kaasuautojen käyttöönoton edistämiseksi. Ne ovat neutraalin perustiedon tarjoaminen uusista vaihtoehdoista, latauspisteiden rakentamisen vauhdittaminen yksityisissä kiinteistöissä ja liikennebiokaasun tankkausasemaverkoston laajentaminen (Pihlatie ym. 2019). Sähköautojen käytettävyyttä pidemmällä matkoilla parantaa nopeiden latauspisteiden yleistyminen.

3.3 Ohjauskeinot

Päätäjillä ja liikenteestä vastaavilla toimijoilla on käytettävissään useita ohjauskeinoja liikkumiseen ja liikenteeseen vaikuttamiseksi. Dalkmann ym. (2014) ovat jaotelleet ohjauskeinot viiteen kategoriaan: taloudelliset ohjauskeinot, sääntely, teknologia, suunnittelu ja informaatio. Seuraavassa esitellään erilaisia ohjauskeinoja, joita on käytetty Suomessa ja maailmalla.

Liikenteen päästöjä voidaan pyrkiä vähentämään ohjaamalla liikennekäyttäytymistä ja liikkumisvalintoja sekä ohjaamalla autokantaa vähäpäästöisempiin teknologioihin eri tavoin. Ohjauskeinot voidaan jakaa karkeasti koviin sekä pehmeisiin ohjauskeinoihin (ks. esimerkiksi Banerjee ym. 2021). Kovat ohjauskeinot ovat suoria taloudellisia ohjauskeinoja tai sääntelyä, joka vaikuttaa valintojen hintoihin epäsuorasti tai suoria kieltoja ja määräyksiä. Pehmeät ohjauskeinot eivät vaikuta suoranaisesti hintoihin tai sisällä sääntelyä, vaan ohjauksen vaikutus perustuu suostutteluun, informaation lisäämiseen ja käyttäytymistä ohjaaviin tuuppauksiin. Esimerkiksi pyöräilyn ja kävelyn houkuttelevuutta voidaan parantaa asuin ympäristön muutoksilla, jotka eivät suoranaisesti vaikuta liikkumisen hintoihin tai rajaa liikkumisvalintoja. Liikenteen päästövähennyksiä tukevien ohjauskeinojen suhdetta Vältä-Siirrä-Paranna-hierarkiaan sekä eri kulkutapoihin on kuvattu kuvassa 5.



Kuva 5. Vältä-Siirrä-Paranna-hierakia ja ohjauskeinot liikenteen päästöjen vähentämisessä (mukailtu Bongardt ym. (2019) pohjalta).

Tutkimuksissa on arvioitu erilaisten kasvihuonekaasujen vähentämiseen tähtäävien ohjauskeinojen vaikuttavuutta ja tehokkuutta. Esimerkiksi Wynes ym. (2018) tarkastelivat 40 tutkimusta vuosilta 1991–2018 ja havaitsivat, että henkilöautojen käyttöön liittyviä tukia hyödyntävät ohjauskokeilut olivat vaikuttavimpien joukossa punaisen lihan syöntiin ja kodin energiankulutuksesta annettuun palautteeseen keskittyvien kokeilujen lisäksi. Tosin henkilöautojen käyttöön liittyvät tutkimukset olivat hieman vanhempia ja niitä oli vain viisi kappaletta, minkä vuoksi tulosten yleistettävyyteen kannattaa suhtautua varauksella. Liikkumisen päästövähennyspotentiaali on joka tapauksessa suhteellisen suuri verrattuna esimerkiksi pieniin syömistapoihin liittyviin muutoksiin, mikä näkyy myös vertailun tuloksissa.

Liimatainen ym. (2018) arvioivat erilaisia skenaarioita liikenteen päästövähennysten hyödyistä ja kustannuksista. Skenaarioiden tavoitetaso oli 80 %:n päästövähennys liikenteessä 2050 mennessä. Heidän mukaansa kustannustehokkain tapa olisi siirtää henkilöautoilua yhteiskäyttöön ja kimppakyyteihin. Näin saataisiin muun muassa terveyteen ja autojen kiinteisiin kuluihin liittyviä etuja, joita pelkillä teknologisilla ratkaisuilla ei voida saada. Julkisen ja kevyen liikenteen osuuden lisääminen on myös tärkeää, jotta tavoitetasoon voitaisiin päästä.

Yleisesti ottaen sääntely ja autoilun hintoihin suoraan vaikuttavat toimenpiteet ovat kansallisen tai jopa ylikansallisen tason ohjauskeinoja. Alueilla ja kunnissa on käytävissä pehmeämpiä ohjauskeinoja, jotka ohjaavat osaltaan kestävämpään liikkumiseen. Kuntien ja kaupunkien mahdollisuudet vaikuttaa alueellaan syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin ovat rajalliset. Pienemmällä paikkakunnilla lisäksi monet toimet ovat tehottomia, koska vaadittavaa skaalaetua ei saavuteta. Esimerkiksi suurilla paikkakunnilla ruuhkamaksuilla, tietulleilla ja pysäköintiin liittyvillä toimilla voidaan ohjata autoilua, mutta pienillä paikkakunnilla ne eivät ole varteenotettavia vaihtoehtoja. Alueen elinkeinorakenne, demografia ja asutuksen luonne vaikuttavat myös tarjolla oleviin mahdollisuuksiin.

3.3.1 Taloudelliset ohjauskeinot

Taloudellisilla ohjauskeinoilla pyritään vaikuttamaan autoilun ja muiden liikennemuotojen kustannuksiin ja julkisen liikenteen saatavuuteen ja ohjata sitä kautta ihmisiä vähentämään yksityisautoilua. Taloudellisia ohjauskeinoja ovat mm. polttoaineverotus, autojen verotus sekä autojen hankintahinnan tukeminen.

Polttoaineverotus

Yksi suora tapa vaikuttaa liikenteen päästöihin on nostaa liikkumiseen tarvittavan polttoaineen hintaa verotuksen kautta. Tämä näkyy suoraan kuluttajalle korkeampana hintana polttoainetta ostaessa. Verotuksen lisäksi polttoaineen hintoihin voidaan vaikuttaa veronomaisesti myös kiintiöillä tai myyntiluvilla. Aalto-yliopiston tutkijat ehdottivat 2019 raportissaan polttoaineille myyntilupajärjestelmää (Liski ym. 2019). Järjestelyssä myyjän olisi ostettava valtiolta jokaista myytyä polttoainelitraa varten polttoaineen hiilisisällön kattava myyntilupa. Lupien määrä vähenisi vähitellen niin, että vuonna 2030 liikenteessä syntyisi puolet nykyistä vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Tällöin liikenteessä syntyvät päästöt ovat tiedossa, ja teknologisiin ratkaisuihin ei oteta kantaa. Ratkaisussa hinnat joustavat ja kuluttajat sekä yritykset päättävät itse, miten sopeutuvat muutoksiin.

Tällä hetkellä bensiiniin ja dieselin jakeluelvoitteessa on vastaavanlainen järjestely. Esim. dieselin biopolttoaineen osuus on määrätty kokonaisvolyyminä, ja toimittajat joutuvat lisäämään sen myytyyn polttoaineeseen, jollei puhdasta biopolttoainetta myydä riittävästi (Seppälä ym. 2019b).

Hintoihin vaikuttavat ratkaisut voivat vaikuttaa eri tavoin eri alueilla ja tuloryhmissä. Tällöin ratkaisut vaatisivat myös lisäjärjestelyjä tukien muodossa, jotta esimerkiksi kohtuuttomasti kohdentuvia taakkoja tasataan. Polttoaineverotus vaikuttaa luonnollisesti kuljetusten kannattavuuteen, ja sen kustannukset voivat kohdistua erityisesti tietyille toimialoille. Sähköautojen käyttöönottoa tukee se, että niiden käyttökustannukset ovat Suomessa edullisemmat kuin bensiini- tai dieselpolttomootoriautoilla. Tätä etua kuitenkin heikentää sähköautojen korkeammat hankintakustannukset. Polttoaineisiin kohdistuvia veroja korottamalla tai muutoin polttoaineiden hintoja nostamalla voitaisiin edelleen parantaa sähköautojen etua käyttökustannuksissa. Tämä ohjaisi myös ajamaan bensiini- ja dieselautoilla vähemmän (Laukkanen & Sahari 2018). Polttoainekuluilla voi olla merkitystä autoa valittaessa, mutta eurooppalaisen kuluttajien on huomattu aliarvioivan polttoainekustannuksia, joskin hillitysti (Pavan 2017).

Autojen verotus

Suomessa auton hankintaan ja omistukseen liittyvät autovero, joka maksetaan uuden auton oston yhteydessä, sekä ajoneuvovero, jota maksetaan vuosittain perustuen auton päästöihin. Ajoneuvovero koostuu perusverosta ja lisäksi käyttövoimaverosta, joka kohdistuu muihin kuin bensiiniautoihin. Perusvero määräytyy ensisijaisesti valmistajan ilmoittaminen hiilidioksidipäästöjen perusteella. Jos päästötietoa ei löydy rekisteristä, määräytyy perusvero auton kokonaismassan perusteella. Käyttövoimaveron määräytyy auton kokonaismassan ja käyttövoiman perusteella (Traficom 2021b). Käyttövoimaveron vuoksi mm. sähköautojen ajoneuvovero on korkeampi kuin vastaavien bensiiniautojen.

Tie- ja pysäköintimaksut

Autoilijoille voidaan myös asettaa muita maksuja, joilla pyritään ohjaamaan liikkumista. Tiemaksuilla peritään tien käytöstä aiheutuvia kustannuksia, ja ne nostavat auton käytön kustannuksia ja voivat siten ohjata käyttämään muita liikkumismuotoja. Pysäköintimaksut kohdistuvat kaupunkien keskustoissa asiointiin. Pysäköintimaksuilla voi olla sivuvaikutuksena kaupunkirakenteen hajaantuminen ja läpiajoliikenteen lisääntyminen maksullisilla alueilla (Dalkmann ym. 2014).

Autojen hankintahinnan tukeminen

Verotuksen lisäksi auton hankintaan liittyviin valintoihin voidaan vaikuttaa myös tuilla. Vähäpäästöisiin autoihin voidaan kohdistaa hankintahintaa alentavia tukia suoraan tai jonkin mekanismin kautta. Suomessakin on kokeiltu mm. romutustukea, jos korvaava auto on ollut kriteerit täyttävä. Tämän raportin kirjoitushetkellä 2021 vanhan ajoneuvon romutuksesta voi saada tukea myös joukkoliikennelipun tai sähköpyörän hankintaan (Traficom 2021d).

Auton hankintaa voidaan tukea myös verovähennysoikeudella. Erilaisten tukien on havaittu edistävän tuettujen autojen kysyntää. Suurin vaikutus on tuella, joka näkyy suoraan auton ostohinnassa. Hankintahintaan kohdistuvissa tuissa on ongelmana esimerkiksi mahdolliset tulonjaolliset näkökulmat ja epätasa-arvoisuus sekä kokonaiskysynnän lisääntyminen. Ilmastotavoitteiden kannalta autokannan kasvu, vaikkakin vähäpäästöisillä autoilla, on negatiivista. (Laukkanen & Sahari 2018)

Lataus- ja tankkausinfrastruktuurin tukeminen

Vaihtoehtoisen polttoaineen saatavuudella voi myös olla vaikutusta kuluttajien auton valintaan, ja kuluttajien valinnat autojen suhteen vaikuttavat vuorostaan tankkaus- tai latausasemien halukkuuteen lisätä pisteitä. Pavan (2017) havaitsi, että tankkauspisteen etäisyyden lisääntyminen vähentää kuluttajien halukkuutta hankkia vaihtoehtoista polttoainetta, kuten maa- tai biokaasua hyödyntävä auto. Tukemalla kaasuntankkaus- ja sähköautojen latausverkoston laajentamista voitaisiin tulosten mukaan tukea markkinaa tehokkaasti.

Italiassa, Norjassa ja Yhdysvalloissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että latausinfrastruktuurin tukeminen voi olla tehokkaampi tapa edistää sähköautojen käyttöönottoa kuin suora tuki autojen hankintaan, vaikkakin molemmat edistävät käyttöönottoa. Latausinfrastruktuurin kehitys selittää hyvin sähköautokannan kasvua, ja samankaltaisia tuloksia on myös mm. biokaasua hyödyntävien autojen osalta (Springel 2016, Laukkanen & Sahari 2018, Pavan 2017).

Suomessa on myönnetty vuosina 2018–2021 liikenteen infrastruktuuritukea sähköautojen latauspisteiden ja biokaasun tankkausasemien rakentamiseen (Valtioneuvoston asetus 498/2018 sähköisen liikenteen ja biokaasun liikennekäytön infrastruktuurituesta vuosina 2018–2021). Investointitukea on myönnetty tarjouskilpailun perusteella. Sähköautojen latausverkosto kattaa jo satoja latauspisteitä kaikkialla Suomessa painottuen taajamiin ja pääteiden varsille. Harvaan asutuilla seuduilla latausverkko on vielä hyvin harva (Latauskarta.fi-palvelu 2021). Biokaasun tankkausasemia on Suomessa yhteensä vain reilut 60. Liikennebiokaasua on saatavilla pääsääntöisesti vain suurimmissa kaupungeissa ja niiden lähialueilla Etelä- ja Keski-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla, Pohjanmaalla ja Oulun seudulla (Gasum Oy 2021). Harva asemaverkosto on merkittävä este biokaasun liikennekäytön kasvulle. On arvioitu, että Suomen teknistaloudellinen biokaasun tuotantopotentiaali olisi noin 10 TWh (Marttinen ym. 2015). Liikennebiokaasun kulutus vuonna 2018 oli vain 54 GWh, kun tieliikenteen kokonaisenergiankulutus oli 45 775 GWh (Suomen virallinen tilasto 2021a). Maatilatason biokaasulaitokset ja yhteistyöympäristöt voivat tukea paikallisesti kaasun liikennekäyttöä.

3.3.2 Sääntely

Poliittiset päättäjät ja viranomaiset eri tasoilla voivat käyttää erilaista sääntelyä liikenteen ja liikkumisen ohjauksena. Sääntelyllä voidaan rajoittaa erilaisten moottoriajoneuvojen käyttöä, vaikuttaa siihen, minkälaisilla ajoneuvoilla liikutaan ja minkälaisia standardeja ja määräyksiä ajoneuvojen ja liikenteen täytyy noudattaa. Sääntelyä voidaan tehdä ylikansallisella, kansallisella, alueellisella ja paikallisella tasolla. (Dalkmann ym. 2014)

Sääntelykeinoja ovat erilaiset kiellot, rajoitukset, maksut, määräykset ja standardit. Lisäksi voidaan käyttää ei-rahallisia tukia, joilla pyritään ohjaamaan liikkumiskäyttäytymistä. Niitä ovat mm. autoilijoille tarjottavat edut, jotka ovat sidottuja käytettävän ajoneuvon vähäpäästöisyyteen tai kohdennettu suoraan esimerkiksi sähköautoille (Rietmann & Lieven 2019).

Kiellot, rajoitukset ja maksut

Fyysiset autoliikenteen esteet ja kiellot ovat suoraviivaisia tapoja vähentää autoilua ja tieliikenteen päästöjä etenkin suuremmissa kaupungeissa. Esimerkiksi tietyt alueita voidaan rajata vain kevyelle ja julkiselle liikenteelle tai pääsyä on rajoitettu vain tietyille ajoille. Lisäksi voidaan käyttää ns. ympäristövyöhykkeitä, joille vain riittävän vähäpäästöiset ajoneuvot ovat sallittuja. Henkilöautoilun kustannuksia ja houkuttelevuutta voidaan myös muokata vähentämällä pysäköintiin varattua tilaa ja lisäämällä sen kustannuksia.

Henkilöautoilun houkuttelevuutta ja sen aiheuttamia ruuhkahaittoja voidaan pyrkiä kontrolloimaan ruuhkamaksuilla. Lisäämällä kustannuksia liikkumisesta pyritään vähentämään ruuhkia ja tekemään muista liikkumisvalinnoista kannattavampia verrattuna henkilöautoiluun. Ruuhkamaksujen on havaittu toimivan, mutta niitä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon muun muassa saatavien tulojen käyttö ja mahdolliset tulojaolliset vaikutukset, jos julkinen liikenne ei ole riittävällä tasolla (Börjesson & Kristoffersson 2018).

Liikenteen sujuvuutta voidaan edistää myös nopeusrajoituksilla ja erilaisilla liikenteen hallintakeinoilla, kuten liikennevalojärjestelmillä. Hyvin sujuva liikenne tuottaa vähemmän päästöjä polttoainete-hokkuuden lisääntymisen kautta (Dalkmann ym. 2014). Sujuvuuden parantamisen ei tulisi kuitenkaan lisätä ajosuoritetta.

Autoilijoille tarjottavat edut

Vähäpäästöisten ajoneuvojen käyttöä voidaan edistää myös tarjoamalla muita etuja esimerkiksi sähköautoilijoille. Norjassa on kokeiltu muun muassa bussikaistojen käyttöoikeuden myöntämistä ja ilmaisia lauttamatkoja (Figenbaum ym. 2015, Holtsmark & Skonhofs 2014).

Bussikaistojen käytön kaltaiset edut eivät ole suoraan rahallisia, mutta esimerkiksi ajansäästön arvo voi olla kuluttajille hyvin huomattava. Suoraan esimerkiksi sähköautojen käyttäjille suunnatut edut, kuten joukkoliikennekaistojen käyttöoikeus tai poistetut ruuhkamaksut, voivat lisätä sähköautojen kysyntää tekemällä niillä liikkumisesta helpompaa ja/tai edullisempaa kuin muilla vaihtoehdoilla. Tällaisiin tukiin liittyy kuitenkin ulkoisvaikutuksia, joita voi olla vaikea rajata. Esimerkiksi joukkoliikenne voi kärsiä sähköautojen täyttäessä joukkoliikenteen kaistoja. (Laukkanen & Sahari 2018)

Muita sääntelykeinoja

Erilaisilla säännöksillä ja määräyksillä voidaan rajoittaa tiettytyyppisten ajoneuvojen käyttöä tai niiden polttoaineen kulutusta. Standardeilla voidaan määrätä mm. ajoneuvojen tekniikasta ja ominaisuuksista. Standardit ovat julkaisuja, joihin on kirjattu yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia tai ominaisuuksia tuotteille ja niiden valmistukselle tai testaukselle sekä järjestelmille tai palveluille (SFS 2021). Ajoneuvoja koskevasta, EU-tason sääntelystä voidaan esimerkkinä mainita autovalmistajien tuottamille autoille määrätyt enimmäispäästörajat ja päästöjen mittaamenetelmiä koskevat direktiivit.

3.3.3 Teknologia

Infrastruktuurin tukemisen lisäksi liikenteen päästöjen vähennyksiä voidaan hakea tukemalla tutkimus- ja kehityshankkeita sekä pilotoimalla varteenotettavia teknologioita. Teknologista muutosta voidaan myös ohjata sääntelyllä, esimerkiksi päästörajoilla.

Ajoneuvojen moottorien yms. teknologian lisäksi päästövähennyksiä voi olla mahdollista saavuttaa parantamalla esimerkiksi ajoneuvojen käytön tehokkuutta uusilla toiminnallisuuksilla ja käyttötavoilla. Uusia toiminnallisuuksia mahdollistavia teknologioita voidaan tukea pilotoimalla niiden käyttöä. Esimerkiksi Suomessakin on testattu autonomisia ja automaattiautoja (Liljamo ym. 2018). Autonomiset tai automaattiautot ja liikkumispalvelut voisivat parhaassa tapauksessa vähentää yksityisautoilun määrää.

Tutkimus- ja kehitystukien kohdalla vaikutusmahdollisuudet ovat lähinnä koko maan tasolla ja potentiaaliset säästöt ovat saatavilla vasta pidemmällä aikavälillä.

3.3.4 Suunnittelu

Liikenteen ja maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa jossain määrin liikkumisvalintoihin ja tehostaa liikkumista. Maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen avulla voidaan vähentää tai optimoida liikennettä, parantaa palveluiden saavutettavuutta, ja liikennesuunnittelulla voidaan tehdä vähäpäästöisistä liikkumisvaihtoehdoista houkuttelevampia. Kevyen liikenteen osuutta voidaan saada nostettua ja päästöjä vähennettyä suunnittelemalla ympäristöä kevyttä liikennettä palvelevaksi ja tukevaksi. (Dalkmann ym. 2014, Kärmeniemi 2021)

Yhdyskuntarakenne ja sen tiiveys

Yhdyskuntarakenteella on vaikutusta liikennesuoritteiden määrään ja sitä kautta liikenteen päästöihin (Dalkmann ym. 2014). Rakennettu ympäristö vaikuttaa ihmisten liikkumisvalintoihin ja auton omistamiseen. Kaavoituksella voidaan vaikuttaa matkapituuksiin sijoittamalla toimintoja lähemmäksi toisiaan, joukkoliikennetarjonnan saavutettavuuteen sekä kävelyn ja pyöräilyn houkuttelevuuteen matkapituuksien sekä käytössä olevien teiden laadun kautta (Lylykangas ym. 2013). Lisäksi joukkoliikenteen saavuus vaikuttaa autonomistuksen määrään. Hyvän joukkoliikenteen tarjonnan alueella asuvilla on vähemmän autoja (Becker ym. 2018), ja esimerkiksi bussipysäkkien tiheydellä on havaittu olevan vaikutusta autojen omistamiseen (Seya ym. 2016, Caulfield 2012). Seya ym. (2016) nostavat tosin esiin mahdollisuuden, että bussipysäkkien määrällä ei ole vaikutusta auton omistamisen todennäköisyyteen samalla tavalla pienemmissä kaupungeissa ja kunnissa, joissa auton omistaminen on silti tarpeen.

Lylykangas ym. (2013) nostavat esiin asemakaavoituksessa tehtävät liikenteeseen liittyvät päätökset, joilla voi olla vaikutuksia päästöihin. Asuinrakennusten sijainti suhteessa palveluihin ja työpaikkoihin vaikuttaa liikkumistarpeisiin, ja toisaalta katujen tai teiden rakentaminen stabilointia vaativalle maaperälle voi johtaa korkeisiin infrarakentamisen päästöihin.

Saavutettavuus

Rakennetulla ympäristöllä voidaan vaikuttaa siihen, että ihmiset valitsisivat aktiivisempia liikkumistapoja, joilla on positiivisia terveysvaikutuksia. Tiiviit ja toimintoiltaan sekoittuneet asuinalueet edistävät aktiivisempia liikkumistapavalintoja kuten pyöräilyä. Erilaisten kohteiden ja julkisen liikenteen parempi saavutettavuus lisäävät fyysistä aktiivisuutta vaativien liikkumistapojen osuutta. (Kärmeniemi 2021)

Liikennesuunnittelu

Liikennettä voidaan suunnitella tukemaan paremmin joukkoliikennettä ja kevyttä liikennettä. Julkisen liikenteen osalta olemassa olevan palvelun laajentaminen ja parantaminen ovat kaksi pääkeinoa julkisen liikenteen kehittämiseksi päästöjen kannalta paremmaksi. Huomiota tulee kuitenkin kiinnittää myös käyttöasteeseen (Dalkmann ym. 2014).

Pyöräilyyn ja kävelyyn siirtyminen ovat parhaita tapoja vähentää liikkumisen päästöjä vähentämättä liikkumisen tarvetta. Lyhyillä etäisyyksillä ne ovat houkuttelevia vaihtoehtoja, mutta pidemmällä matkoilla matkaan kuluva aika kasvaa ja liikkuminen vaatii enemmän fyysistä työtä. Kevyeen liikenteeseen liittyy kuitenkin myös sen houkuttelevuutta vähentäviä seikkoja, kuten sää, liikkumisolosuhteet, varkaudet tai turvallisuushuolet (Useche ym. 2019). Näihin voidaan vaikuttaa suunnittelemalla sujuvia reittejä, pyörien säilytysmahdollisuuksia, mahdollisuuksia yhdistää liikkumista joukkoliikenteeseen tai parantamalla väylien laatua (Sottile ym. 2018). Esimerkki edullisesta, kevyen liikenteen olosuhteiden parantamiskokeilusta on Hollannissa kehitetty kylätiemalli (Väylävirasto 2019, kuva 6).



Kuva 6. Kylätiemalli voi tarjota paremmat edellytykset kävelylle ja pyöräilylle maanteillä pienillä kustannuksilla ilman erillisiä kevyen liikenteen väyliä. Kylätiellä puolet maantien leveydestä on varattu kevyelle liikenteelle.

3.3.5 Informaatio

Suurien taloudellisten ohjauskeinojen, sääntelyn ja suunnittelun lisäksi voidaan käyttää ohjauskeinoja, joiden tarkoituksena on tarjota informaatiota, opettaa ja suostutella ihmisiä muuttamaan liikkumiskäyttäytymistään ja valintojaan. Esimerkiksi erilaisilla kampanjoilla ja opetuksessa voidaan lisätä tietoisuutta liikkumisvaihtoehdoista ja lisätä niiden houkuttelevuutta.

Informaatio-ohjaus

Vaillinainen tieto ja epävarmuus voivat hidastaa uusien liikkumisvaihtoehtojen kokeilemistä ja käyttöönottoa. Tähän voitaisiin vaikuttaa informaatio-ohjauksella eli tuottamalla ja jakamalla neutraalia perustietoa monipuolisesti kuluttajille (Laukkanen & Sahari 2018). Vaihtoehtoisia voimanlähteitä käyttävien autojen suhteen voidaan tarvita panostuksia tietoisuuden lisäämiseen niiden käytöstä ja toiminnasta verrattuna olemassa oleviin vaihtoehtoihin (Pihlatie ym. 2019). Informaatio-ohjaus on yksi esimerkki tuuppauksesta. Tuuppaamalla pyritään vaikuttamaan ihmisten käyttäytymiseen ilman taloudellisia kannustimia tai rajoituksia. Muita tuuppaukskeinoja ovat muun muassa sosiaalisilla normeilla ohjaaminen ja oletusvaihtoehtojen muuttaminen (Thaler & Sunstein 2009). Liikkumisessakin sosiaalinen normi, vaikka naapureiden tai ystävien esimerkki, voi vaikuttaa ihmisten valintoihin.

Ihmisten teknologiavalintojen lisäksi voidaan pyrkiä vaikuttamaan myös heidän muihin liikkumiseen liittyviin valintoihinsa. Esimerkiksi Kaaronen ja Strelkovskii (2020) tutkivat ympäristöystävällisten käyttäytymismallien kehitystä. Heidän mukaansa pienetkin muutokset ympäristössä voivat tukea suurempia muutoksia kollektiivisessa käytöksessä. Heidän tutkimansa esimerkki liittyi pyöräilyyn. Muutokset ihmisten liikkumiskäyttäytymisessä voisivat muokata kulkutapajakaumaa paremmaksi päästöjen kannalta (välttäjä ja siirrä). Joukkoliikenteen tukena yksityisautoilun korvaamisessa voi toimia myös yhteiskäytön lisääminen, jolloin tarvittava autokanta voisi olla pienempi saman liikkumistarpeen täyttämiseksi.

Yhteiskäytön tukeminen ja mallit

Älypuhelimet, parantuneet paikannusteknologiat ja sovellukset ovat mahdollistaneet uusia autonvuokrauspalveluita, ns. yhteiskäyttöpalveluita. Käyttäjät voivat varata auton käyttöön lennosta, ja autoa ei noudeta keskitetystä pisteestä, vaan autot noudetaan ja voidaan jättää vapaasti parkkipaikoille palvelun määrittämällä alueella. Viime vuosina autojen yhteiskäyttö on lisääntynyt myös Suomessa, ja yhteiskäyttöpalveluita on tarjolla isoimmissa kaupungeissa. Yhteiskäyttöä perustellaan vähäisemmällä autojen tarpeella ja myös vähäisemmällä parkkitilan tarpeella, kun autokanta on tehokkaammin käytössä. Suuri osa henkilöautoista on suurimman osan ajasta käyttämättöminä. Suomessa on useassa kunnassa kokeiltu

kunnan omistamien sähköautojen vuokraamista yleiseen käyttöön virka-ajan ulkopuolella, esimerkiksi Iissä, Lappeenrannassa ja Loviisassa (esim. Peltomaa & Tuominen 2020).

Becker ym. (2018) tutkivat Sveitsin Baselissa kerätyllä aineistolla uudenlaisten autonvuokrauspalveluiden vaikutusta autonomistukseen ja matkustustavan valintaan. Tutkimuksessa havaittiin, että pieni osa kotitalouksista (6 %) vähensi auton omistamistaan.

3.4 Alueelliset ja paikalliset vaikutusmahdollisuudet liikenteen päästöihin

Edellä esitellyistä liikenteen ja liikkumisen ohjauskeinoista vain osa on käytettävissä alueellisella tai paikallisella tasolla ja maakunnallisten tai kunnan päättäjien ja viranomaisten päätösvallassa. Taulukoon 3 on koottu esimerkkejä erityyppisistä ohjauskeinosta ja niiden käyttömahdollisuuksista hallinnon eri tasoilla. Alueelliset ja paikalliset vaikutusmahdollisuudet rajoittuvat lähinnä ohjauskeinoihin, jotka eivät ole suoraan rahallisia: paikallisesti tehtäviin rajoituksiin, suunnitteluun ja informaatiota lisääviin toimiin.

Taulukko 1. Tieliikenteen päästöihin vaikuttavia ohjauskeinoja ja niiden käyttömahdollisuudet eri hallinnon tasoilla. Mukailtu Dalkmann ym. (2014) pohjalta.

Ohjauskeinoon tyyppi	Ohjauskeino	Hallinnon tasot			Huomioita
		Valtio	Aluetaso	Kunta	
Taloudellinen	Polttoaine- ja ajoneuvoverotus	x			
	Pysäköintimaksut			x	
	Infrastruktuurituet	x	x		Valtion myöntämien tukien lisäksi aluetasolla voidaan jakaa julkista tukea liikenteen infrastruktuurin parantamiseen.
	Vähäpäästöisten ajoneuvojen hankintatuki	x			
Sääntely	Fyysiset hidastus- ja rajoituskeinot			x	Esim. hidastetöyssyt ja kavennukset
	Ajoneuvoliikenteen rajoitukset			x	Esim. autoliikenteeltä suljetut alueet (kävelykadut tms.) ja huoltoliikenteen aikarajoitukset
	Nopeusrajoitukset	x	x	x	
	Liikenteen ohjauskeinot		x	x	Esim. liikennevalo-ohjaus, muuttuvat nopeusrajoitukset ja joukkoliikennekaistat
	Pysäköintipaikkojen saatavuus			x	Esim. pysäköintipaikkojen määrä ja pysäköinnin aikarajoitukset
Teknologinen	Puhtaampi ajoneuvo-tuotanto ja -tekniikka	x			
Suunnittelu	Maankäytön suunnittelu		x	x	Aluetasolla maakuntakaavoitus, kuntatasolla yleis- ja asema-kaavoitus
	Julkisen liikenteen saatavuus ja palvelutaso	x	x	x	Valtio vaikuttaa lähinnä lento- ja junaliikenteen saatavuuteen.
	Jalankulku- ja pyöräily-mahdollisuudet		x	x	Maantieverkon kevyen liikenteen väyliä hallinnoivat pääsääntöisesti ELY-keskukset.
Informaatio	Tiedotus- ja viestintä-kampanjat	x	x	x	

4 Henkilöautoliikenteen päästöjen mallintaminen

4.1 Autokannan rakenteeseen ja ajosuoritteeseen vaikuttavia tekijöitä

Autokannan koko ja rakenne riippuvat kotitalouksien tarpeista. Erilaiset taustatekijät voivat selittää kotitalouksien päätöstä hankkia tai olla hankkimatta auto tai useampia autoja. Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että käytettävissä olevilla tuloilla on selkeä vaikutus auton omistamisen todennäköisyyteen ja myös kotitalouden koolla on vaikutusta yhden tai useamman auton omistamiseen. Yleisesti on havaittu, että suuremmissa kotitalouksissa ja niissä kotitalouksissa, joissa on enemmän työssäkäyviä, on yleensä enemmän autoja (Ding ym. 2018, Maltha ym. 2017, Macfarlane ym. 2015).

Autojen omistamiseen liittyvät syyt ovat moninaisia ja voivat myös muuttua. Alankomaissa tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, että kotitalouksien ajoneuvojen omistamiseen yhteydessä olevien tekijöiden vaikutukset ja niiden suuruudet muuttuvat ajan myötä (Maltha ym. 2017). Tutkimuksen mukaan muun muassa kotitalouden tulot, koko, rakenne, koulutustausta ja työllisyystilanne ovat yhteydessä ajoneuvojen omistamiseen. Kotitalouden tulotaso ja koko ovat merkittävimmät autonomistajuuden todennäköisyyttä kasvattavista tekijöistä. Koulutustaustan, työtilanteen ja asuinalueen tiiveyden autonomistajuutta lisäävät vaikutukset olivat myös voimistuneet tarkastelun aikavälillä 1987-2014.

Auton omistamisen lisäksi on hyvä tarkastella autottomia kotitalouksia. Myös autottomuuden taustalla on moninaisia syitä. Osa kotitalouksista voi olla tietoisesti autottomia, ja osalla autottomuus voi johtua omasta tahdosta riippumattomista syistä. Näiden ryhmien erojen tunnistaminen on tärkeää, kun suunnitellaan erilaisia autojen omistamiseen vaikuttamaan pyrkiviä toimenpiteitä. Esimerkiksi vastoin tahtoaan autottomat kotitaloudet olivat Kaliforniasta kerätyllä aineistolla tehdyssä tutkimuksessa keskimääräistä matalatuloisempia ja asuivat myös huonommin julkisilla liikenneyhteyksillä palveluilla alueilla (Mitra & Saphores 2017).

Kotitalouksien ominaispiirteiden lisäksi myös rakennetulla ympäristöllä on osaltaan vaikutusta ihmisten liikkumisvalintoihin ja auton omistamiseen. Asuinympäristön vaikututusta ajoneuvon omistamisen todennäköisyyteen on vaikea suoraan arvioida tai mallintaa, koska asuinalueen valinta voi vaikuttaa ajoneuvon omistamisen todennäköisyyteen, mutta ajoneuvon omistaminen voi myös ohjata asuinalueen valintaa. Alueeseen voi liittyä ns. self-selection harhaa eli itsevalintaa. Osa kotitalouksista on voinut valita asuinalueen omaan autonomistukseen ja käyttöön liittyvien mieltymysten pohjalta. Tutkimuksissa on saatu vaihtelevia tuloksia vaikutuksen suuruudesta (Van Acker ym. 2014). Eri tutkimuksissa onkin pyritty huomioimaan eri tekijöiden mahdollisia vaikutuksia toisiinsa. Ding ym. (2018) tutkivat asuinympäristön ja autonomistuksen välistä dynamiikkaa Washingtonin metropolialueelta kerätyn aineiston avulla. Tiheämmän asuinympäristön havaittiin vähentävän auton omistamisen todennäköisyyttä kotitalouksien joukossa. Tämä voi johtua esimerkiksi laajemmasta vaihtoehtoisten liikkumismuotojen tarjonasta tiheämpään asutuilla alueilla. Lisäksi hyvin tiheillä alueilla auton omistamisen vaatimaa tilaa ja infrastruktuuria on vähemmän tarjolla (mm. parkkipaikat).

Toisaalta kuntatason tarkastelussa asuinkuntaa ei todennäköisesti valita auton käyttöön liittyvistä syistä, vaan kunnan yleiset ominaisuudet vaikuttavat auton käyttöpäätöksiin. Alueelliset erot ajoneuvojen käyttövoimissa, autojen lukumäärissä ja keskimääräisissä ajosuoritteissa ovat seurausta liikkumisen tarpeiden ja alueellisten ominaisuuksien eroista. Esimerkiksi keskimääräisten ajosuoritteiden voidaan odottaa olevan suuremmat maapinta-alaltaan suuremmissa kunnissa ja tiiveys vaikuttaa liikkumisen tarpeeseen sekä valittuihin liikkumistapoihin (Dalkman ym. 2014, Ristimäki ym. 2011, Kivari ym. 2007). Toisaalta alueen palvelusektorin yritysten lukumäärä voi olla osoitus palveluiden paremmasta alueellisesta saavutettavuudesta kunnan sisällä. Samalla laajemmat työssäkäyntialueet voivat lisätä sekä keskimääräistä ajosuoritteen sekä ajoneuvojen lukumäärää (Ding ym. 2018, Matas ym. 2009, Helminen ja Ristimäki 2007). Yleisesti ottaen alueen korkeampi kaupunkimaisuuden aste pienentäne ajoneuvojen

käyttötarvetta (Yin & Sun 2018). Väestötiheys kuvaa omalta osaltaan kunnan palvelurakenteen monipuolisuutta ja kaupunkimaisuutta.

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi parempi julkisen liikenteen tarjonta sekä laajempi kevyen liikenteen väylästä voivat vähentää yksityisautoilua. Toisaalta tulee ottaa huomioon, että esimerkiksi julkisen liikenteen lisäämismahdollisuudet ovat erityisen rajallisia pienissä kunnissa. Kuten aiemmin on todettu, hyvä joukkoliikenteen tarjonta ja bussipysäkkien tiheys vähentävät autojen määrää kotitalouksissa (Becker ym. 2018, Seya ym. 2016, Caulfield 2012), mutta pienemmissä kaupungeissa voi silti olla tarve omistaa auto (Seya ym. 2016). Toisin sanoen kunnat voivat toimenpiteillään pyrkiä vähentämään yksityisautoilua, mutta niiden käytävissä oleva keinovalikoima voi paikoitellen olla hyvin rajallinen. Tällöin henkilöautoliikenteen päästöjen vähentäminen riippuu pääosin ajoneuvojen käyttövoimavalmi- noista, missä puolestaan valtiolla on käytössä omat ohjauskeinonsa.

4.2 Päästövaikutusten mallintaminen

Suomen ympäristökeskus SYKE on kehittänyt ALas-laskentajärjestelmään perustuvan skenaariotyökä- lun (ALasSken), jolla voidaan muodostaa kuntien päästöskenaarioita perustuen kunkin kunnan nykyhet- ken päästötilanteeseen sekä erilaisiin päästöihin vaikuttaviin tekijöihin ja toimenpiteisiin. Työkalulla voidaan arvioida, minkälaisia muutoksia tiettyihin päästövähennystavoitteisiin pääseminen vaatii eri sektoreilla (Suomen ympäristökeskus 2021b). Lukujen 4.2 ja 4.3 sisältö pohjautuu aiemmin internetissä julkaistuu työraporttiin skenaariotyökäluun laskentaperiaatteista (Karhinen & Lounasheimo 2021), ellei tekstissä toisin mainita.

Laskentaperiaatteiltaan työkalu on yhteensopiva kasvihuonekaasupäästöjen laskentajärjestelmän kanssa. Työkäluun kuntakohtaisia lähtöaineistoja päivitetään vuosittain. Skenaariotyökalu sisältää ALas- laskentajärjestelmän mukaiset päästösektorit, joista rakennusten energiankulutukseen liittyvien sektorei- den ja tieliikenteen päästöjen tarkastelu on yksityiskohtaisinta. Tulevissa kehitysversioissa myös muiden sektoreiden toimenpidevalikoimaa tarkennetaan.

Skenaariotyöskentelyn alussa täytyy määritellä, miten yleinen markkinakehitys ja voimassa olevat kansallisella tasolla tehdyt politiikkatoimet sekä lainsäädäntö vaikuttavat kuntien päästöihin. Tämän ke- hityksen havainnollistamiseksi työkaluun on rakennettu kullekin kunnalle lähtöoletukseksi niin sanottu perusskenaario, joka toimii skenaariotyöskentelyn pohjana. Perusskenaariossa kullekin päästösektorille on hahmoteltu maltillinen tavoitevuoden tulevaisuuskuva, joka perustuu kansallisen ilmastopolitiikan toteuttamista tukevaan materiaaliin sekä lainsäädäntöön, joka asettaa reunaehdot kuntien päästökähityk- selle. Perusskenaario on laadittu kaikille kunnille vuoteen 2050 saakka. Perusskenaariolaskentaoletuk- set arvioidaan uudelleen vuosittain ALas-laskentajärjestelmän lähtöaineistojen päivitystyön yhteydessä.

Skenaariotyökäluun menetelmäkuvaukseen sisältyvät perusskenaariolähtökohtien ja keskeisten ole- tusten määrittelyt sektoreittain. Menetelmäkuvaus sisältää esimerkkejä, jotka on laskettu valtaosin jak- solle 2018–2030, mutta suunnittelutyökäluu voidaan käyttää niin, että perusskenaariolähtökohtien mukainen kehi- tys voidaan laskea vapaasti valittavalle tavoitevuodelle vuoteen 2050 saakka. Kehityksen katsotaan tällöin olevan pääosin lineaarista tai joiltain osin kiihtyvää tai hidastuvaa, mikäli aineistoista löytyy tälle perusteita.

ALasSken-mallissa tieliikenteen päästömallinnus on eritelty ajosuoritteen ja käyttövoimajakauman skenaariointiin. Menetelmäkuvauksessa avataan tavoiteskenaariolähtökohtien laskentaperusteet. Lisäksi an- neetaan esimerkkejä perusskenaariolähtökohtien päästöjä vähentävistä kehitysolehtuista ja niihin tarvittavista ilmastotoimenpiteistä.

Henkilöautojen ajosuoritteen mallinnuksen periaatteena on, että kunnissa tehtävät toimenpiteet muokkaavat suoritämäärää. Henkilöautojen ajosuoritteen osalta työkalun käyttäjä voi määritellä muun muassa palveluiden saavutettavuuteen ja vaihtoehtoihin kulkumuotoihin tekijöitä, jotka muuttavat yksi- tyisautoilun määrää. Mallinnus perustuu historialliseen ajosuoritekehitykseen, jota selitetään erilaisilla väestöä ja aluetta kuvaavilla ominaisuuksilla seuraavasti:

$$\log(\text{Suorite}_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{Saavutettavuus}_{it}^k + \beta_2 \text{Kevyt liikenne}_{it} + \beta_3 \text{Linja-autosuorite}_{it} \\ + \beta_4 \text{Ulospendelöinti}_{it} + \beta_5 \text{Taajamat}_{it} + \beta_6 \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{it},$$

missä α on vakiotermi, $i = (1, \dots, 294)$ Manner-Suomen kunnat, $t = (2012, \dots, 2017)$ on estimoinnissa käytetty aikaperiodi, Suorite_{it} on henkilöautojen ajosuorite kunnassa i vuonna t ja ε_{it} on virhetermi. Palveluiden saavutettavuutta mitataan viidellä mittarilla k , joiden etäisyydet on valittu tilastollisen merkitsevyyden perusteella seuraavien etäisyyksien joukosta: 250 m, 500 m, 1 km, 2 km ja 5 km (pois lukien junaliikenteen saavutettavuus, jossa etäisyydeksi rautatieasemalta on määritetty enintään 2,5 km):

- 1) Linja-autoliikenteen saavutettavuus: enintään 250 metrin etäisyydellä linja-autopysäkeistä asuvien osuus väestöstä (%).
- 2) Junaliikenteen saavutettavuus: enintään 2,5 kilometrin etäisyydellä rautatieasemasta asuvien osuus väestöstä (%).
- 3) Päivittäistavarakauppojen saavutettavuus: enintään kahden kilometrin etäisyydellä päivittäistavarakaupasta asuvan väestön osuus koko väestöstä (%).
- 4) Ala-asteiden saavutettavuus: enintään kilometrin etäisyydellä ala-asteesta asuvien osuus kaikista ala-asteikäisistä (7–12-vuotiaat) (%).
- 5) Ylä-asteiden saavutettavuus: enintään kilometrin etäisyydellä yläasteesta asuvien osuus kaikista ala-asteikäisistä (13–15-vuotiaat) (%).

Kevyen liikenteen väylien yhteyttä henkilöautosuoritteeseen tutkitaan käyttämällä arviota kunnassa sijaitsevien kevyen liikenteen väylien pituudesta kilometreinä. Lähtöaineistona on käytetty Digiroadin (2021) tietoja kevyen liikenteen väylistä, jotka eivät sisällä ajoradasta reunakivellä tai maalauksella erotettuja väyliä. Digiroadin tietoja on täydennetty Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKESin selvityksellä pyöräilyn olosuhteista Suomen kunnissa vuonna 2018 (Turunen 2019).

Linja-autojen katusuoritteiden määrän mittarina käytetään ALas-mallin Hinku-laskentasääntöjen (Lounasheimo ym. 2020) mukaista linja-autojen katusuoritetta, joka ei sisällä läpiajoliikennettä. Työllisten työmatkaliikennettä kuvataan kunnasta ulos pendelöivien eli oman asuinkunnan ulkopuolella työssäkäyvien osuutena kaikista kunnan työllisistä (%). Lopuksi kunnan asemakaavatilannetta kuvataan taajamien asemakaavoitetun maapinta-alan osuudella taajamien kokonaismaapinta-alasta (%).

Lopuksi kontrolloidaan muiden, niin sanottujen eksogeenisten eli kunnan vaikutuspiirin ulottumattomissa olevien tekijöiden vaikutus suoritteiden muodostukseen. Kontrollimuuttujamatriisi \mathbf{X}_{it} sisältää väkiluvun, 0–14-vuotiaiden osuuden kunnan väestöstä, 15–64-vuotiaiden osuuden kunnan väestöstä¹, kotitalouden keskimääräiset käytettävissä olevat tulot, kunnan työpaikkaomavaraisuuden, tieverkoston pituuden ja kunnan maapinta-alan. Muuttujien minimi, maksimi, keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty taulukossa 4.

¹ Yli 65-vuotiaiden osuus jätetään mallinnuksessa vertailuryhmäksi, johon nuorempien ikäluokkien vaikutusta suoritekertymään verrataan. Hypoteesina on, että suurempi lasten määrä on yhteydessä pienempään suoritemäärään, kun taas suurempi työikäisten määrä johtaa suurempaan suoritekertymään.

Taulukko 4. Henkilöautojen ajosuoritemallin muuttujat (Karhinen & Lounasheimo 2021).

Selitettävä muuttuja	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Ajosuorite (milj. km / vuosi)	6,15	2933,69	137,96	271,37

Selittävät muuttujat	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Ala-asteiden saavutettavuus, 1 km (%)	3,10	94,60	37,19	15,48
Yläasteiden saavutettavuus, 1 km (%)	0,00	95,50	23,41	11,96
Päivittäistavarakauppojen saavutettavuus, 2 km (%)	13,80	100,00	60,99	16,49
Bussipysäkkien saavutettavuus, 250 m (%)	7,30	88,20	38,87	15,05
Rautatieaseman saavutettavuus 2,5 km (%)	0,00	100,00	15,98	25,06
Kevyen liikenteen väylät (km)	1,17	1521,29	65,65	158,96
Katujen linja-autosuorite (milj. km/vuosi)	0,00	43,68	0,51	2,70
Ulospendelöivien osuus työllisistä (%)	6,76	80,39	38,90	18,01
Asemakaavoitettu ala taajamista (%)	0,00	99,60	53,24	17,84
Työpaikkaomavaraisuus (työssäkäyvät/työvoima)	0,70	2,60	1,21	0,30
Väestö haja-asutusalueilla (%)	0,00	80,10	35,33	17,44
Väkiluku (1000 henkilöä)	0,73	643,27	18,52	48,04
0–14-vuotiaiden osuus kunnan väestöstä (%)	7,60	35,10	16,03	4,01
15–64-vuotiaiden osuus kunnan väestöstä (%)	48,90	70,60	59,06	3,42
Käytävissä olevat tulot (1000 euroa)	18,58	67,79	25,66	3,90
Tieverkoston pituus (1000 km)	4,00	2644,00	529,95	412,20
Maapinta-ala (1000 km ²)	5,89	15056,32	1025,67	1577,46

Suorite ja väkiluku vaihtelevat huomattavasti Suomen kunnissa. Tämän vuoksi niistä otettiin luonnollinen logaritmi, jolla linearisoitiin selitettävän ja selittävien muuttujien välinen yhteys ja muunnettiin virhejakauma normaalimmin jakautuneeksi. Logaritmoidun selittävän muuttujan kerroin tulkitaan prosentuaalisena muutoksena selitettävässä muuttujassa.

Mallin estimoinnissa käytettiin satunnaisten vaikutusten mallia, jonka selitysaste oli noin 98 %. Estimointitulokset on esitetty taulukossa 5. Saavutettavuusmuuttujien osalta tulokset ovat odotetun kaltaiset: suurempi väestön osuus palveluiden läheisyydessä vähentää henkilöautoilun tarvetta. Esimerkiksi, yhden prosenttiyksikön kasvu kauppojen saavutettavuudessa tarkoittaa noin -0,15 % muutosta ajosuoritteessa. Kun palvelujen saavutettavuus on huomioitu, itsessään väestön sijoittuminen asemakaava- tai haja-asutusalueille ei vaikuta tilastollisesti merkitsevästi ajosuoritteen määrään. Toisaalta tulee huomioda, että palvelujen saavutettavuutta on tavallisesti helpompi lisätä kustannustehokkaasti ohjaamalla väestöä tiiviimmille asemakaava-alueille.

Suurempi työpaikkaomavaraisuus ja vastaavasti vähäisempi työssäkäynti asuinkunnan ulkopuolella vähentävät henkilöautojen ajosuoritteita. Kaduilla tapahtuva linja-autosuorite korvaa henkilöautosuoritetta, kuten odotettua. Myös kevyen liikenteen väylien lisäyksellä ja henkilöautosuoritteilla vaikuttaa olevan negatiivinen yhteys, mutta se ei ole tilastollisesti kovinkaan merkitsevä. Odotetusti väkiluvun ja väestön ikärakenteen sekä henkilöautojen ajosuoritteiden välillä ovat tilastollisesti merkitsevät yhteydet. Myös tieverkoston pituuden ja ajosuoritteen välillä on tilastollisesti merkitsevä positiivinen yhteys, mutta on epäselvää, mikä vaikutuksen suunta on. Tämän vuoksi tieverkoston pituus on sisällytetty vain kontrollimuuttujaksi, jolla työkalun käyttäjä ei voi ohjata ajosuoritteen kehittymistä.

Taulukko 5. Henkilöautojen ajosuoritteen regressiomallinnuksen tulokset.

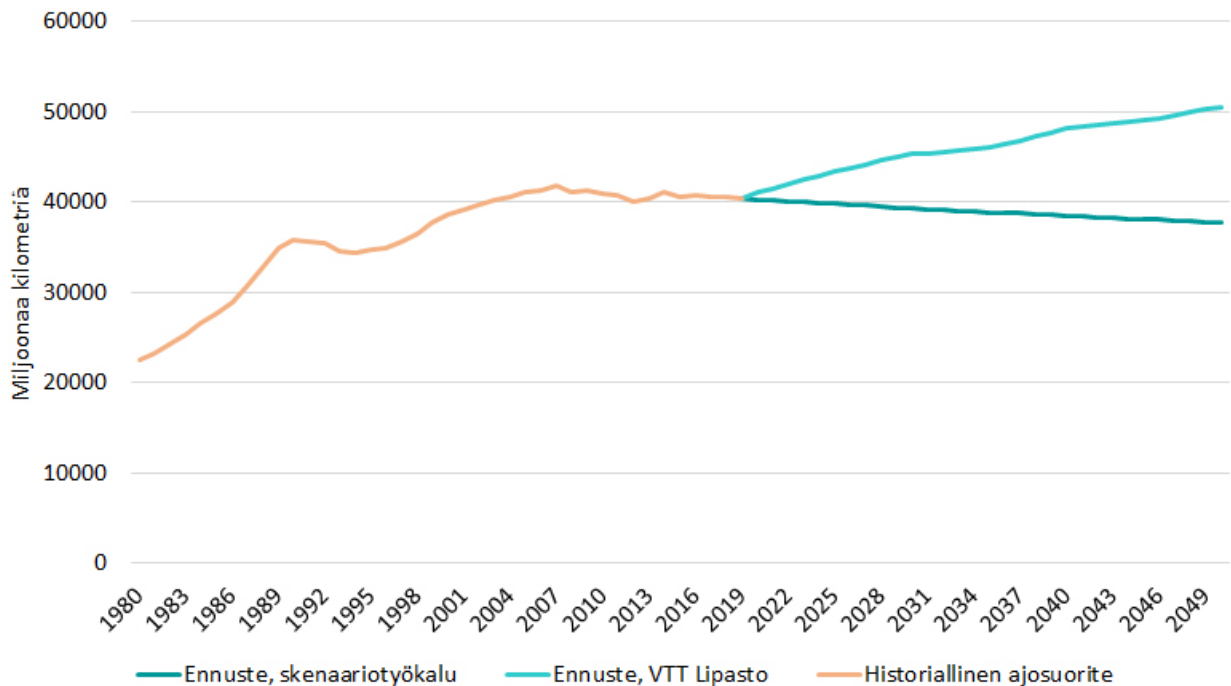
	Selitettävä muuttuja: ln(henkilöautojen ajosuorite)
Vakiotermi	2,2112*** (0,1024)
Ala-asteiden saavutettavuus, 1 km (%)	-0,0080** (0,0335)
Yläasteiden saavutettavuus, 1 km (%)	-0,1081*** (0,0364)
Päivittäistavarakauppojen saavutettavuus, 2 km (%)	-0,1483*** (0,0434)
Bussipysäkkien saavutettavuus, 250 m (%)	-0,0580+ (0,0362)
Rautatieaseman saavutettavuus 2,5 km (%)	-0,0128 (0,0175)
Kevyen liikenteen väylät (1000 km)	-0,0729 (0,0631)
Katujen linja-autosuorite (milj. km/vuosi)	-0,0047** (0,0022)
Ulospendelöivien osuus työllisistä (%)	0,0923* (0,0508)
Asemakaavoitettu ala taajamista (%)	-0,1011*** (0,0280)
Työpaikkaomavaraisuus (työssäkäyvät/työvoima)	-0,0483** (0,0213)
Väestö haja-asutusalueilla (%)	-0,0475 (0,0531)
ln(väkiluku)	0,9703*** (0,0090)
0–14-vuotiaiden osuus kunnan väestöstä (%)	0,4751*** (0,1182)
15–64-vuotiaiden osuus kunnan väestöstä (%)	0,4010*** (0,1393)
Käytettävissä olevat tulot (1000 euroa)	-0,0020 (0,0002)
Tieverkoston pituus (1000 km)	0,0519*** (0,0172)
Maapinta-ala (1000 km ²)	-0,0049* (0,0025)
Havaintojen lukumäärä	1764
Korjattu selitysaste	0,997

Huom.: *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1, + p < 0,15. Keskivirheet on esitetty suluissa.

Perusskenaariossa taulukossa 5 kuvattua ajosuoritemallia käytetään vain väkiluvun ja väestön ikärakenteen osalta ennustamaan tulevien vuosien henkilöautojen ajosuoritteita. Esimerkiksi mallin tulosten perusteella väestötappiokunnissa ajosuoritteet tulevat laskemaan, mikä johtaa automaattisesti tieliikenteen päästöjen vähenemiseen ilman kunnan toimenpiteitä. Toisaalta muuttovoittokunnissa kasvavan väkiluvun mukanaan tuoma lisäajosuorite luo lisäpainetta päästövähennysten toteuttamiseen.

Kuvassa 7 on esitetty historiallinen ajosuoritteen kehitys, VTT:n -järjestelmän ajosuorite-ennuste koko maahan vuoteen 2050 saakka ja päästötyökalun perusskenaariossa ennustettujen kuntien henkilöautojen ajosuoritteiden vuotuiset summat. Verrattaessa työkalun ennustetta LIPASTO:n ennusteeseen havaitaan, että ennusteet poikkeavat merkittävästi toisistaan. LIPASTO:n ennuste on 15,4 % suurempi vuonna 2030 ja 34 % suurempi vuonna 2050 kuin työkalun mukainen ennuste koko maan henkilöautojen ajosuoritteesta. Käytännössä ero johtuu siitä, että kuntatason mallinnuksessa huomioidaan väkiluvun

siirtymät pitkien välimatkojen maaseutumaisista kunnista tiiviimpiin kaupunkeihin, joissa etäisyydet ovat lyhyemmät ja liikkumiselle on yksityisautoilun ohella muita vaihtoehtoja.



Kuva 7. Historiallinen henkilöautojen ajosuoritteen kehitys vuosina 1980–2019, VTT:n LIPASTO-järjestelmän ennuste henkilöautojen ajosuoritteesta ja skenaariotyökalun perusskenaarion mukainen ajosuorite-ennuste.

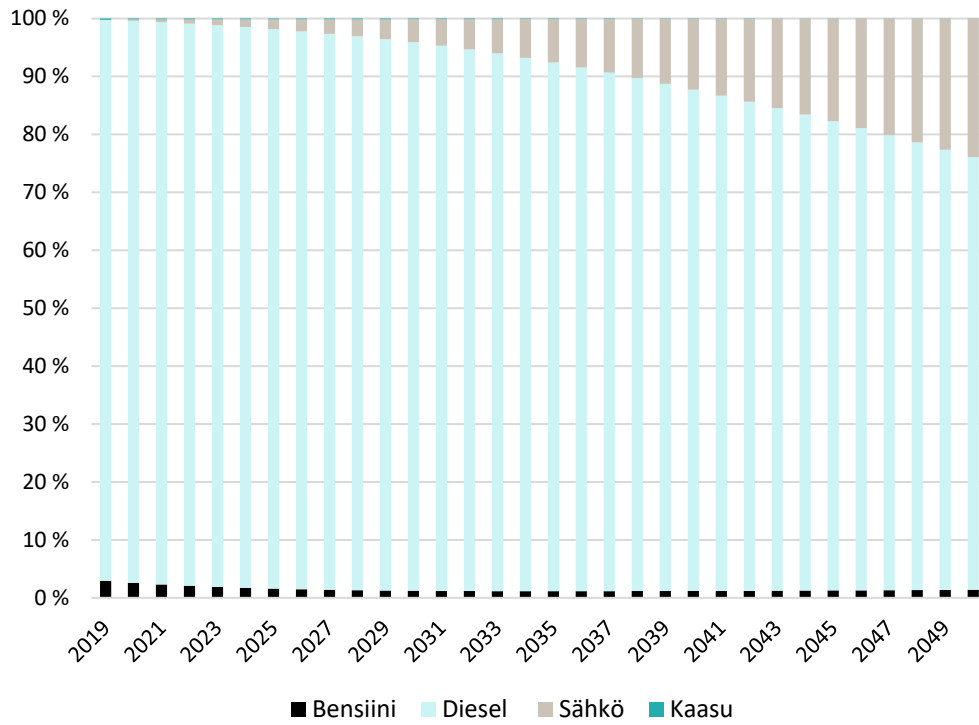
4.3 Ajoneuvojen käyttövoimat

Perusskenaariossa paketti- ja kuorma-autojen käyttövoimaoletukset noudattavat kaikissa kunnissa VTT:n ALIISA-mallin (Mäkelä 2015) käyttövoimajakaumia kullekin tulevalle vuodelle (Kuva 8). Pakettiautojen osalta tämä tarkoittaa, että täyssähköisten ajoneuvojen osuus kasvaa vuoteen 2050 mennessä noin 24 %, kun taas dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuus laskee vastaavasti. Kaasukäyttöisten pakettiautojen osuus oletetaan perusskenaariossa hyvin pieneksi. Kaasukäyttöisten kuorma-autojen oletetaan sen sijaan yleistyvän niiden osuuden kasvaessa 8,7 %:iin kaikista kuorma-autoista vuoteen 2050 mennessä.

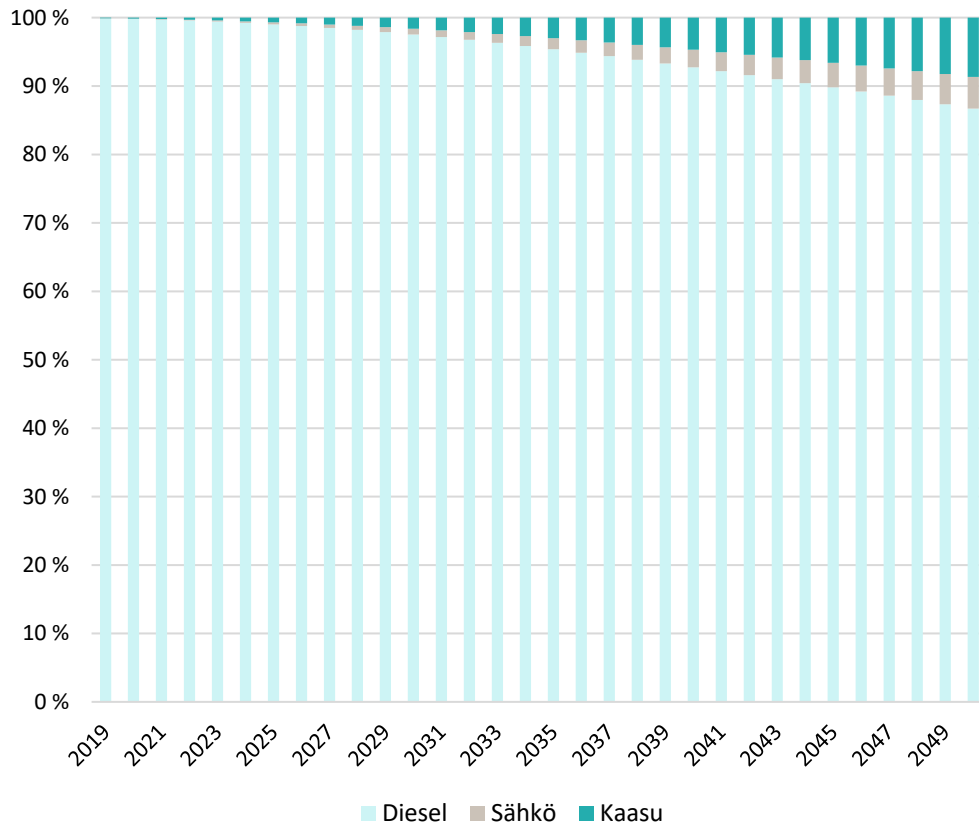
Myös linja-autojen käyttövoimien osalta lähtökohtana pidetään ALIISA-mallin käyttövoimajakaumaa. Perusskenaariossa jakaumaa kuitenkin muutetaan kunnan kaupunkimaisuuden mukaan. Toisin sanoen sähkö- ja kaasukäyttöisten linja-autojen oletetaan yleistyvän ensisijaisesti suurimmissa kaupungeissa, kun taas pienemmissä kunnissa oletetaan käytettävän vain dieselkäyttöisiä linja-autoja. Käyttövoimajakaumat arvioidaan erikseen kaduille ja teille historiallisten katu- ja tiesuoritteiden määrien perusteella.

Koko maan osalta henkilöautojen käyttövoimajakaumat saadaan ALIISA-mallista. Perusskenaariossa ALIISA-mallin mukaisesti oletetaan, että täyssähkö-, kaasu- ja etanolikäyttöisten henkilöautojen osuudet ovat samat kaikissa kunnissa. Sen sijaan bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuudet vaihtelevat kunnittain sen mukaan, mikä ajoneuvokannan tilanne on viimeisimpänä ALas-päästölaskennan laskentavuonna. Siten myös ajoneuvokantojen keskimääräiset ominaispäästökertoimet vaihtelevat lähtötilanteessa.

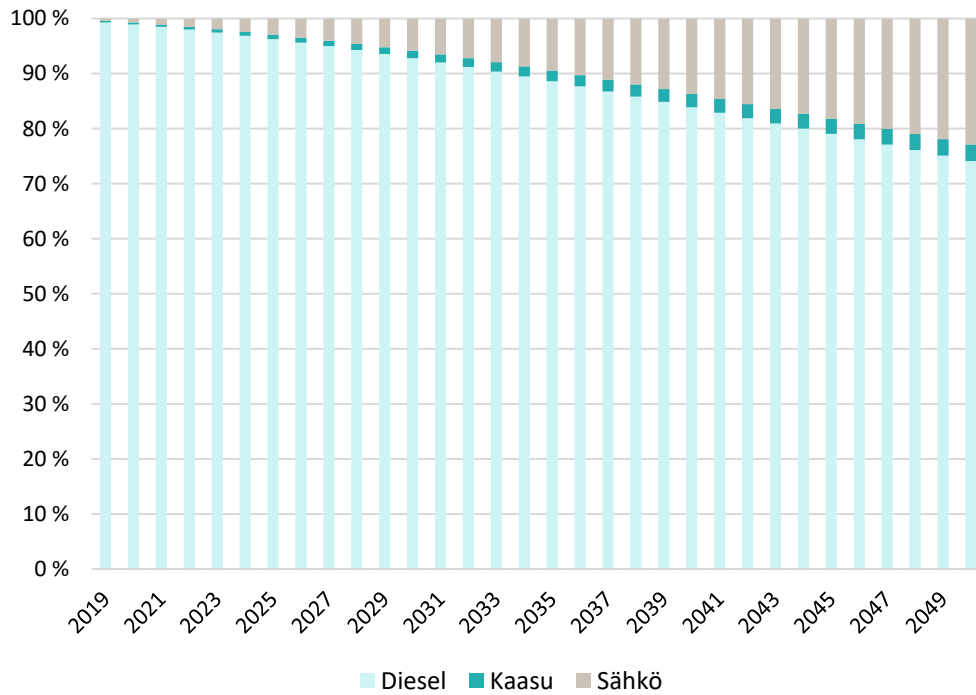
Pakettiautot



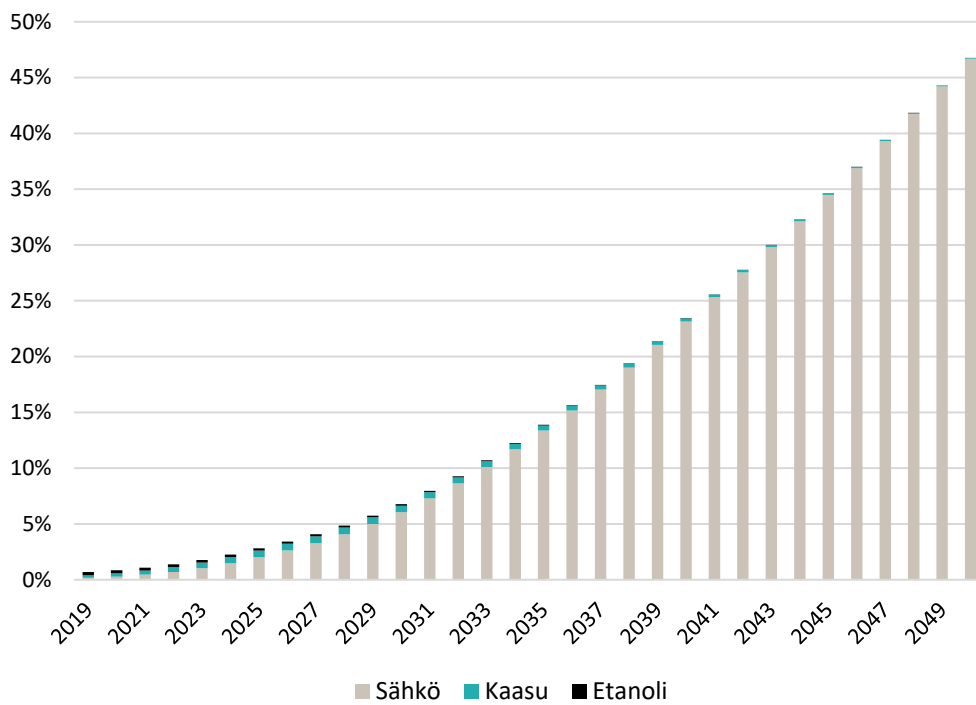
Kuorma-autot



Linja-autot



Henkilöautot



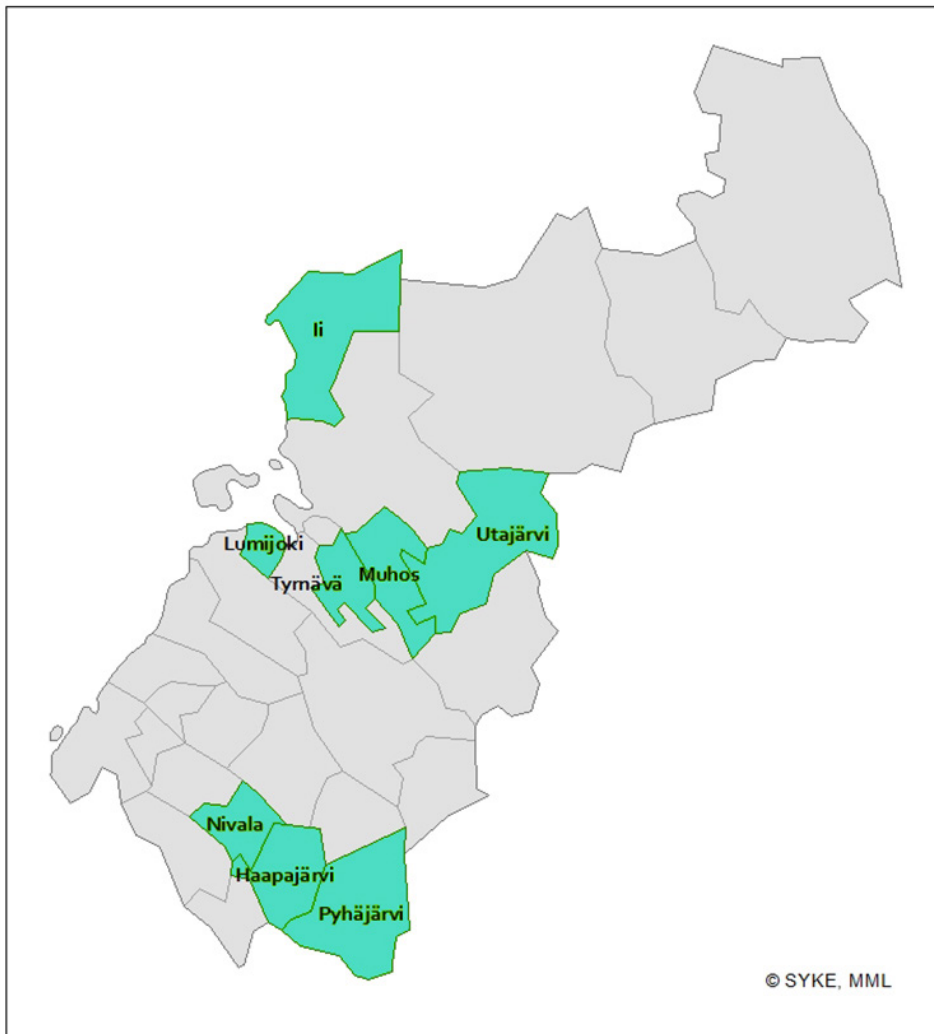
Kuva 8 (sivut 32 ja 33). Perusskenaariossa käytetyt oletukset ajoneuvojen käyttövoimista (Karhinen & Lounasheimo 2021).

Biobensiinin ja biodieselin käyttö pienentää bensa- ja dieselkäyttöisten autojen keskimääräisiä kunta-kohtaisia ominaispäästöjä. Niiden osuuksien kehitys on arvioitu ALIISA-mallin polttoainekomponenttien kulutustietojen perusteella. Vuonna 2030 bensiinin bio-osuus on 6,5 % ja dieselin 41,5 % energiasällöstä. Tämä arvio on yhtenevä liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteen 2020-2050 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2020) ja päivitetyn jakeluvelvoitelain (419/2019) kanssa. Liikenteessä käytetystä kaasusta nollapäästöiseksi laskettavaa bioperäistä kaasua oli 59 % vuonna 2018 (Suomen virallinen tilasto 2021a).

5 Tapaustarkastelun kohteet

5.1 Kohdekuntien perustiedot

Tarkastelu tehtiin VÄRE-hankkeen kahdeksalle kohdekunnalle Pohjois-Pohjanmaalla. Kunnista Haapajärvi, Nivala ja Pyhäjärvi sijaitsevat maakunnan eteläosassa. Ii, Lumijoki, Muhos, Tyrnävä ja Utajärvi puolestaan sijaitsevat maakunnan pohjoisosassa Oulun ympäristössä (Kuva 9). Kaikki kohdekunnat ovat alueluokituksessa luonteeltaan maaseutumaisia, mutta jakautuvat kolmeen eri maaseutuluokkaan. Kuntien perustietoja on esitetty taulukoissa 6 ja 7.



Kuva 9. Tarkastelun kohdekunnat Pohjois-Pohjanmaalla.

Taulukko 6. Kohde kuntien alueluokitus sekä väestö-, pinta-ala- ja tulotasotietoja. Taulukon lähteet: a) Suomen ympäristökeskus 2018; b) Maanmittauslaitos 2021; c) Suomen virallinen tilasto 2021c; d) Suomen virallinen tilasto 2021e.

	Kaupunki- maaseutu- luokitus 2018 ^{a (1)}	Väki- luku 2020 ^b	Pinta- ala, km ^{2b}	Asukas- tiheys, as./km ² (²)	Taajama- aste 2019, % ^{c (3)}	Alle 15-vuo- tiainen osuus väes- töstä 2020, % ^c	15-64- vuotiai- den osuus väes- töstä 2020, % ^c	Yli 64- vuotiaiden osuus väestöstä 2020, % ^c	Asunto- kuntien luku- määrä 2019 ^c	Käytettä- vissä oleva rahatulo 2019 (keskiarvo), €/asunto- kunta ^d
Haapa- järvi	Ydinmaa- seutu	6896	789	8,7	70,3	18,3	56,3	25,4	3192	37322
li	Harvaan asuttu maaseutu	9848	1667 ⁽⁴⁾	5,9	77,8	22,5	56,2	21,3	4107	40159
Lumijoki	Ydinmaa- seutu	2036	214 ⁽⁴⁾	9,5	65,5	27,0	54,4	18,6	749	36047
Muhos	Kaupungin läheinen maaseutu	8903	797	11,2	79,8	23,3	58,3	18,4	3620	43705
Nivala	Ydinmaa- seutu	10500	536	19,6	65,5	22,5	54,2	23,3	4421	41982
Pyhäjärvi	Harvaan asuttu maaseutu	5033	1459	3,4	54,7	14,2	50,3	35,5	2568	45565
Tyrnävä	Kaupungin läheinen maaseutu	6603	495	13,3	71,9	30,8	55,4	13,8	2303	42247
Utajärvi	Harvaan asuttu maaseutu	2619	1737	1,5	48,8	14,7	53,5	31,8	1255	36850

- 1) Koko kunnan alueelle laskettu yleistetty alueluokitus. Kunnan sisällä voi olla useita eri luokkiin kuuluvia alueita.
- 2) Laskettu kahden edellisen sarakkeen luvuista.
- 3) Taajamissa asuvien osuus väestöstä, jonka sijainti tunnetaan. Taajamaksi määritellään kaikki vähintään 200 asukkaan rakennusryhmät, joissa rakennusten välinen etäisyys ei yleensä ole 200 metriä suurempi.
- 4) Sisältää vain maa-alueiden ja sisävesien pinta-alan, ei kuntaan kuuluvaa merialuetta.

Taulukko 7. Kohde kuntien työvoima- ja työssäkäyntitilastoja (Suomen virallinen tilasto 2021c).

	Alueella asuvan työllisen työvoiman määrä, 2019	Työllis- syysaste 2019, %	Asuin- kunnassaan työssä- käyvien osuus 2018, %	Alueella olevien työpaikko- jen luku- määrä 2018	Alku- tuotannon työpaikko- jen osuus 2018, %	Jalostuksen työpaikko- jen osuus 2018, %	Palvelujen työpaikko- jen osuus 2018, %	Työpaikka- omavarai- suus 2018
Haapajärvi	2646	70,5	76,8	2791	9,3	28,4	60,7	104,4
li	3622	69,7	45,8	2506	6,6	23,1	67,6	67,8
Lumijoki	720	73,8	34,9	447	17,0	21,9	57,9	62,7
Muhos	3408	70,8	46,5	2534	8,2	11,2	78,9	72,9
Nivala	3987	73,5	66,8	3629	13,4	31,9	53,4	90,3
Pyhäjärvi	1673	65,1	76,9	1636	11,7	23,5	62,7	95,6
Tyrnävä	2522	75,1	33,8	1421	12,9	18,2	66,6	55,2
Utajärvi	885	64,5	65,4	887	12,1	20,5	65,3	96,1

5.2 Ajosuoritteet ja ajoneuvokanta

Traficomin avoin data sisältää tiedot kaikista Suomessa käytössä olevista ajoneuvoista ja mm. niiden käyttövoimat, kilometrilukemat ja muita ajoneuvoon liittyviä tietoja. Aineistoon liittyy epätarkkuuksia ajoneuvojen käyttökuntien suhteen, joten luvut henkilöautojen määristä ja muut kuntakohtaiset tiedot ovat suuntaa antavia. Rekisteriaineiston perusteella kohdekuntien henkilöautokanta on hieman vanhempi kuin Suomessa keskimäärin ja sisältää hieman painavampia ja kookkaampia ajoneuvoja (Taulukko 8, Traficom 2021a).

Taulukko 8. Tarkastelussa mukana olevien kuntien henkilöautokanta (Traficom 2021a, henkilöautot M1 ja M1G -luokat).

Kunta	Henkilöautojen määrä
Haapajärvi	3621
Ii	5163
Lumijoki	958
Muhos	4603
Nivala	5446
Pyhäjärvi	2660
Tyrnävä	3162
Utajärvi	1413
Suomi (ka.)	8688

Tarkastelun kohdekunnissa 96,5 % henkilöautoista on bensa- tai dieselkäyttöisiä. Sähköhybridejä on noin 2 %. Täyssähkö- ja kaasuautojen osuudet ovat vielä todella pieniä (Taulukko 9). Jos kohdekunnat täyttäsivät oman osuutensa sähkö- ja käyttöisten autojen lisäystavoitteista (Ympäristöministeriö 2017), niissä otettaisiin käyttöön noin 2 500 sähköautoa (sis. täyssähköautot ja ladattavat hybridit) ja noin 500 kaasuautoa vuoteen 2030 mennessä. Jos käytetään Suomen ilmastopaneelin laatimaa visiota nettonollapäästötilanteen saavuttamisesta Suomessa jo vuonna 2035 (Seppälä ym. 2019a), se tarkoittaisi kohdekunnissa noin 7 500 sähköautoa ja 1 000 kaasuautoa jo vuonna 2030.

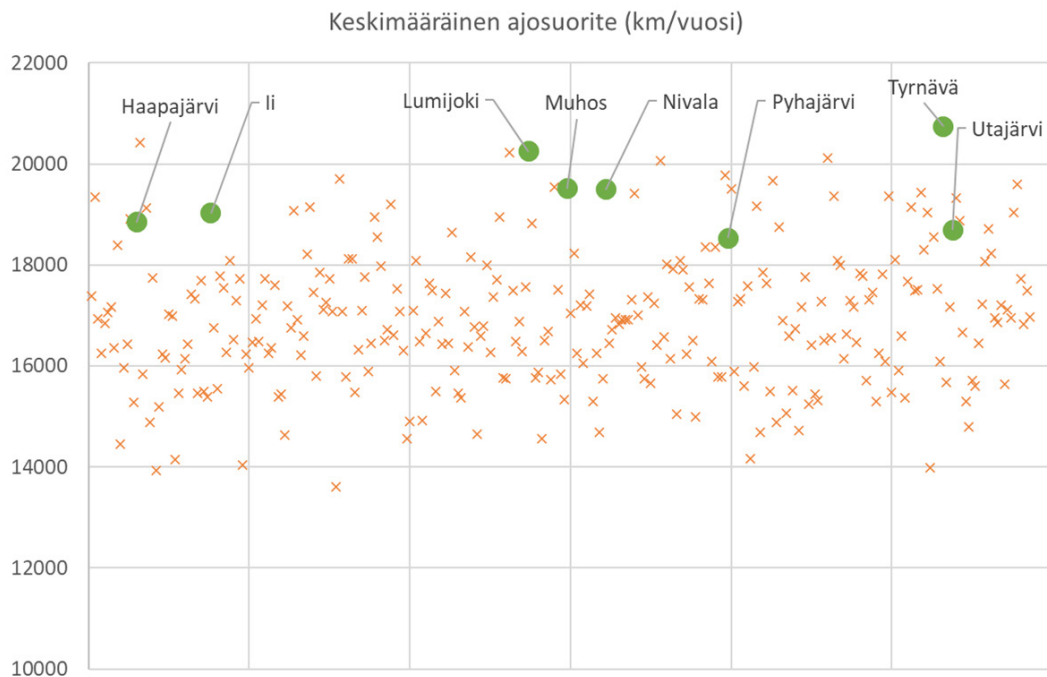
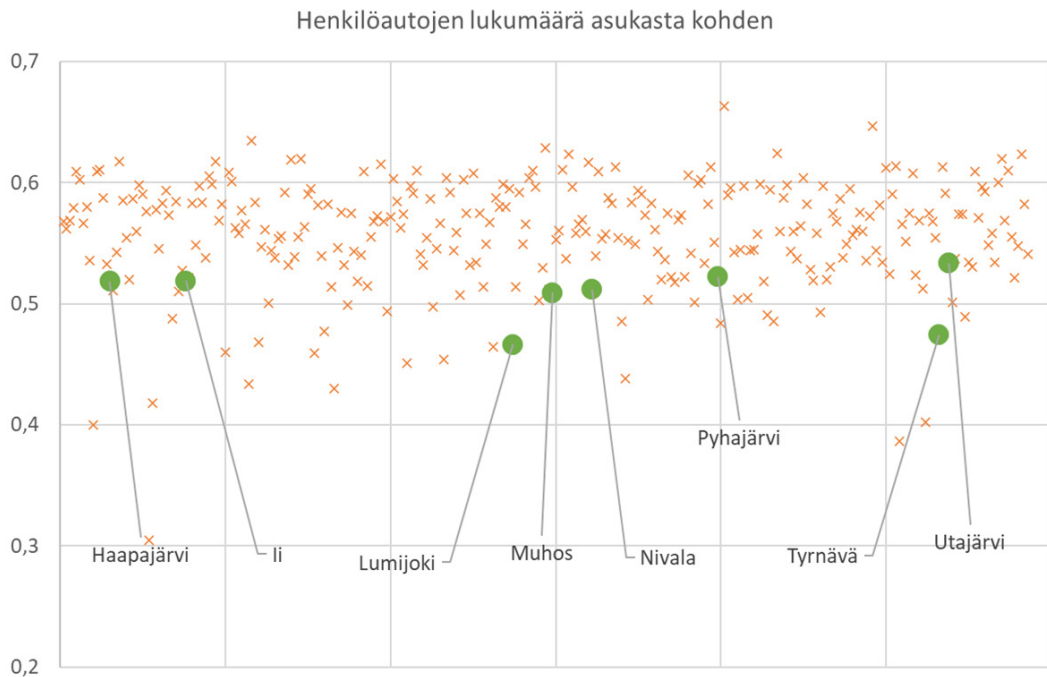
Taulukko 9. Henkilöautojen määrät käyttövoimittain tarkastelun kohdekunnissa yhteensä ja osuudet koko Suomen autokannasta (Traficom 2021a, henkilöautot M1 ja M1G -luokat).

Käyttövoima	Määrä	Osuudet, %	Osuudet, koko Suomi, %
Bensiini	15071	55,8	66,4
Diesel	11271	41,7	27,5
Sähkö (täyssähkö)	49	0,2	0,4
Sähköhybridit	566	2,1	5,0
Kaasu	36	0,1	0,5
Muut	33	0,1	0,2
Yhteensä	27026	100	100

Kuvan 10 yläosassa on esitetty Traficomien ajoneuvojen avoimen datan (Traficom 2021a) perusteella lasketut henkilöautojen keskimääräiset ajosuoritteet ja alaosassa asukaskohtaiset autojen lukumäärät kunnittain vuonna 2020. Kaikkien kuntien ajosuorite on keskimäärin 15 586 km vuodessa ja ajoneuvomäärä 0,57 henkilöautoa/asukas. Suurin keskimääräinen ajosuorite on Tyrnävällä (20 743 km) ja pienin Kauniaisissa (13 610 km). Myös muissa Pohjois-Pohjanmaan kunnissa ajoneuvokohtaiset ajosuoritteet ovat suuria. Tässä tarkastelussa mukana olevien kahdeksan kunnan ajosuoritteet ovat huomattavasti

kaikkien kuntien keskiarvoa (15 586 km) suuremmat. Ajosuoritteet ovat keskimäärin pienempiä eteläisessä Suomessa ja suuremmassa kunnissa.

Keskimääräinen asukaskohtainen henkilöautojen lukumäärä on pienin Helsingissä (0,30) ja suurin Pyhärannalla (0,66). Pienimmät asukaskohtaiset henkilöautomäärät ovat pääasiassa suurissa kunnissa, joissa esimerkiksi joukkoliikenteen käyttömahdollisuudet ovat kattavammat kuin pienemmillä paikkakunnilla. Eniten autoja asukasta kohti on pääosin eteläsuomalaisissa, maaseutumaisissa kunnissa. Tämän tarkastelun kohdekunnissa asukaskohtaiset ajoneuvomäärät ovat pienemmät kuin kunnissa keskimäärin (0,57 henkilöautoa/asukas).

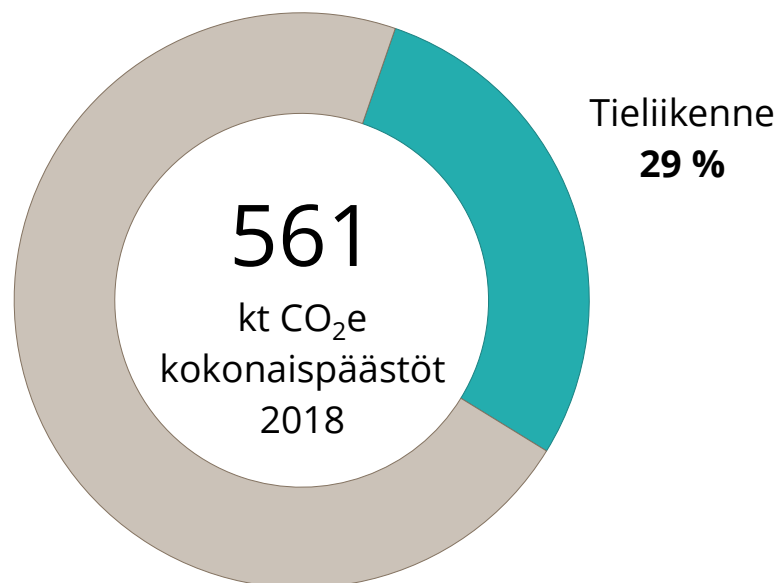


Kuva 10. Henkilöautojen asukaskohtaiset lukumäärät ja keskimääräiset ajosuoritteet Suomen kunnissa vuonna 2020. Kunnat järjestetty kuntanumeron mukaiseen järjestykseen vasemmalta oikealle.

Traficomien ajoneuvojen avoimen datan perusteella käyttövoimien alueellisessa jakaumassa on selkeitä eroja. Dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuus on suurempi Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Erityisesti Pohjois-Pohjanmaan osalta suuri dieselin osuus on yhteydessä suuriin keskimääräisiin ajosuoritteisiin. Odotetusti bensiinikäyttöisten autojen osuus on suurempi eteläisessä Suomessa. Keskimääräiset ominaispäästöt ovat suuremmat pohjoisessa ja itäisessä Suomessa, mihin on syynä muun muassa keskimääräistä iäkkäämpi autokanta ja ajoneuvojen suuremmat koot. Suuremmat ominaispäästöt heijastelevat samalla suurempia keskimääräisiä ajosuoritteita, koska suurempaan maantieajomäärään hankitaan useimmiten hieman suurempia ajoneuvoja.

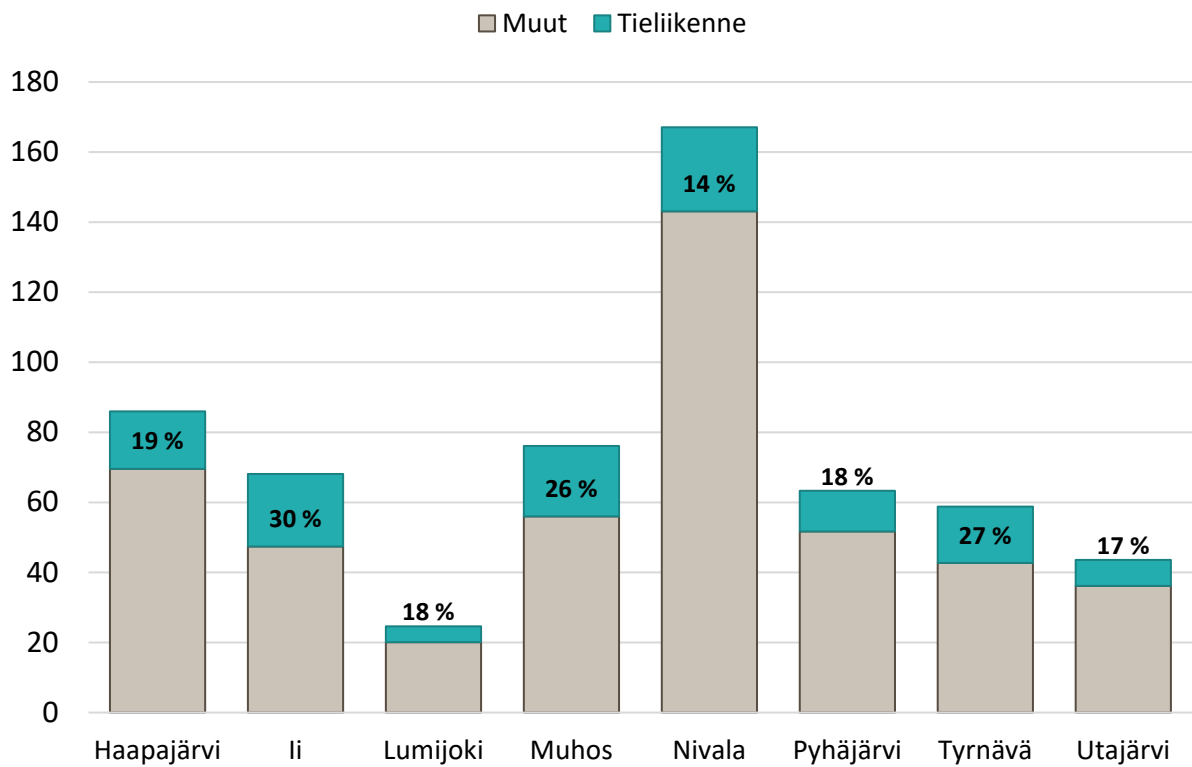
5.3 Kohdekuntien liikenteen päästöt

Tieliikenne muodosti 29 % taakanjakosektorin kokonaispäästöistä tämän tarkastelun kohdekunnissa vuonna 2018 (Kuva 11). Kohdekunnissa tieliikenteen päästöjen osuus kaikista päästöistä on hieman pienempi kuin Pohjois-Pohjanmaalla keskimäärin. Eroa selittää osittain se, että joissakin kohdekunnissa maatalouden osuus taakanjakosektorin päästöistä on suurempi kuin Pohjois-Pohjanmaalla keskimäärin.



Kuva 11. Tieliikenteen osuus kohdekuntien taakanjakosektorin kokonaispäästöistä. (Suomen ympäristökeskus 2021a)

Kuvassa 12 on esitetty kohdekuntien kokonaispäästöt Hinku-laskentasäännöillä ja tieliikenteen osuus kokonaispäästöistä. Kohdekuntien osuus koko maakunnan päästöistä on 17 % ja tieliikenteen päästöistä 15 % (Suomen ympäristökeskus 2021a).

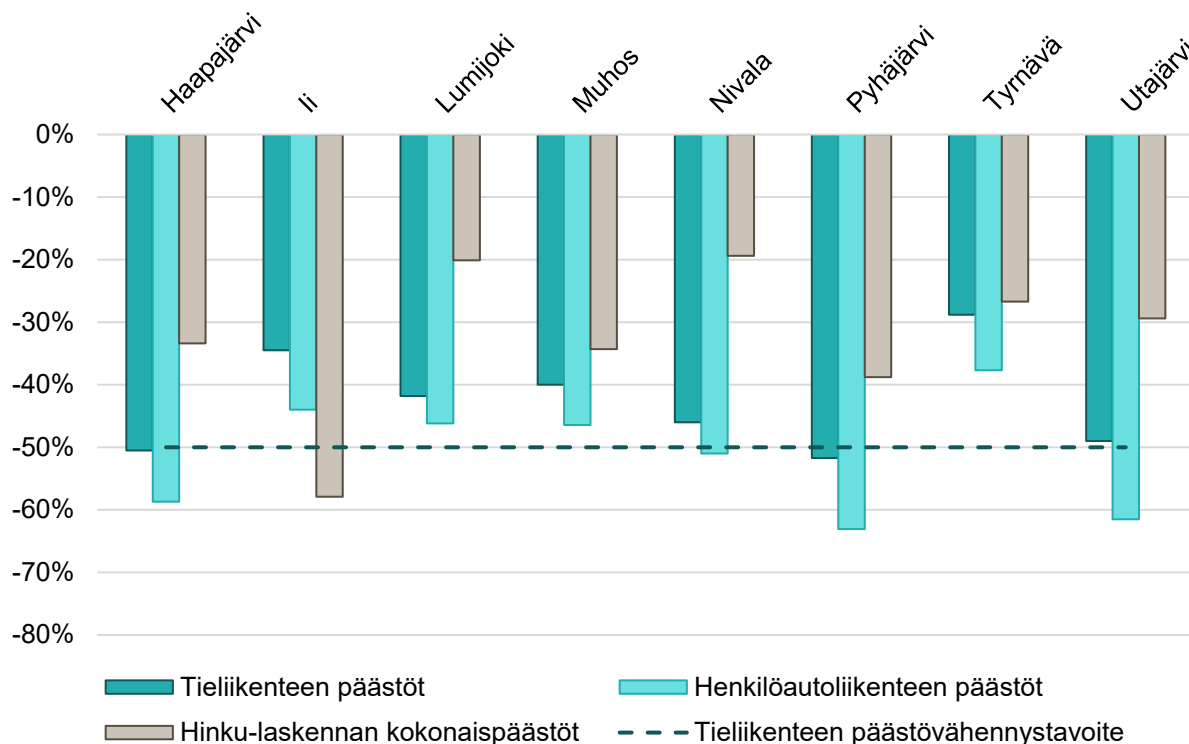


Kuva 12. Kokonaispäästöt laskettuna Hinku-laskentasääntöjen mukaan ja tieliikenteen päästöjen osuus kokonaispäästöistä tarkastelun kohdekunnissa (Suomen ympäristökeskus 2021a).

6 Skenaariotarkastelu henkilöautoliikenteen päästöjen vähentämiseksi

6.1 Skenaariotarkastelun aikajänne ja perusskenaario

Skenaariotarkastelussa keskityttiin vuosien 2005-2030 päästökehitykseen, sillä Marinin hallitus on sitoutunut puolittamaan tieliikenteen päästöt vuodesta 2005 vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi vuosi 2030 on Hinku-kuntien päästövähennysten tavoitevuosi. ALasSken-mallin perusskenaariossa kohdekuntien tieliikenteen päästöt vähenevät 28,8-51,7 % ja henkilöautoliikenteen 37,7-63,1 % vuosina 2005–2030 (Kuva 13). Perusskenaariossa kohdekunnista vain Haapajärvi ja Pyhäjärvi saavuttavat tieliikenteen kokonaispäästöjen puolittamistavoitteen. Henkilöautoliikenteen päästöissä suurimmat vähenemät saavutetaan Pyhäjärvellä ja Utajärvellä. Perusskenaariossa kuntien rakenteelliset ominaisuudet ja käyttövoimajakauma oletetaan muuttumattomaksi vuoteen 2018 verrattuna, joten Pyhäjärven ja Utajärven suurimmat henkilöautoliikenteen päästövähennykset johtuvat suurelta osin suurimmista väestötappioista kohdekuntien joukossa.



Kuva 13. Perusskenaarion Hinku-laskennan mukaiset päästömuutokset vuosina 2005–2030.

Suurin osa kohdekunnista joutuu toteuttamaan lisätoimenpiteitä saavuttaakseen tieliikenteen kansallisen tason päästövähennystavoitteen. Lisätoimenpiteiden skenaariotarkastelu jaettiin kahteen osioon, joista ensimmäisessä keskitytään ajosuoritteisiin vaikuttaviin tekijöihin ja toisessa käsitellään ajoneuvokannan käyttövoimia. Ajosuoriteskenaariossa aluerakennetta kehitetään siten, että yksityisautoilun tarve vähenee. Käyttövoimaskenaariossa kunnan henkilöautokanta siirtyy sähkön ja kaasun käyttöön.

6.2 Ajosuoriteskenaario

Ajosuoriteskenaariossa edistetään palveluiden saavutettavuutta ja julkisen liikenteen käyttöä sekä lisätään kevyen liikenteen väylien määrää. Vuoden 2018 tilanne kohdekuntien osalta on esitetty taulukossa 10. Kouluverkon saavutettavuus oli paras Muhoksella ja Tyrnävällä, kun taas muiden kuntien osalta tilanne on tasaisempi. Päivittäistavarakauppojen saavutettavuus on puolestaan paras Muhoksella ja heikoin Nivalassa. Kokonaisuutena palveluiden saavutettavuuden kannalta eniten kehitettävää on Pyhäjärvellä ja Utajärvellä, kun taas Muhoksella palveluiden saavutettavuus on lähtötilanteessa korkein. Julkisen liikenteen saavutettavuus ja määrä sekä kevyen liikenteen väylien määrät ovat suhteellisen matalia kaikissa kunnissa verrattuna koko maan keskiarvoon.

Taulukko 10. ALasSken-työkalun muuttujien arvot kohdekunnissa vuonna 2018.

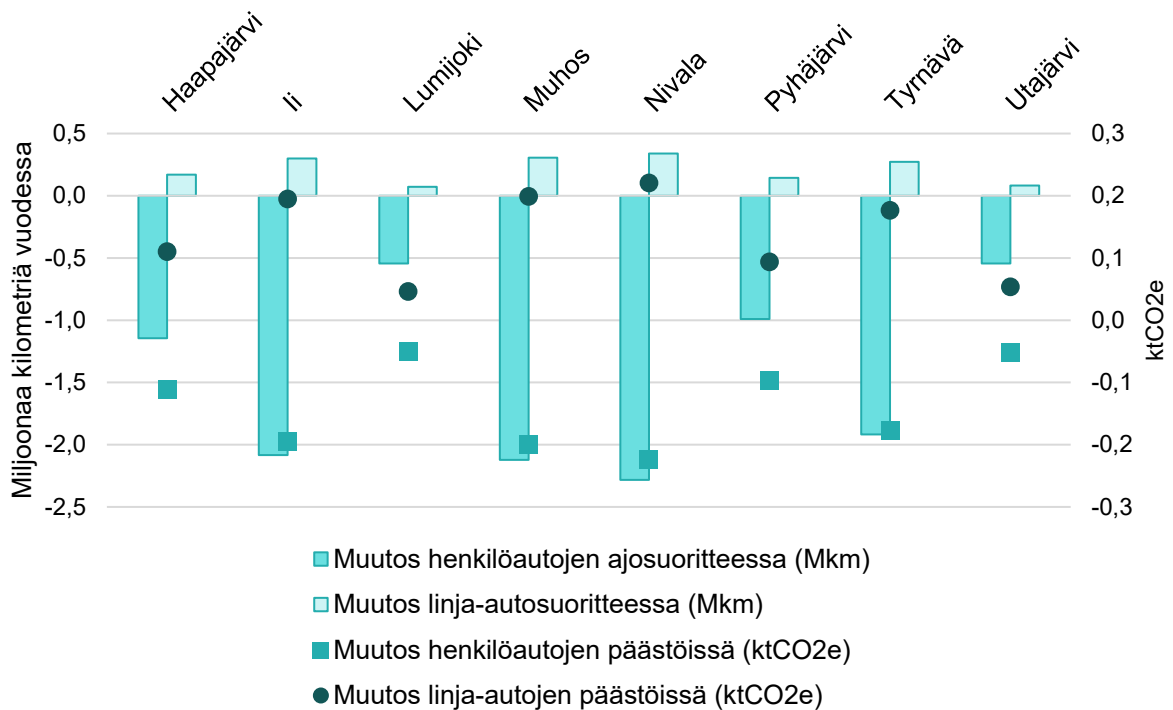
	Haapa-järvi	li	Lumi-joki	Muhos	Nivala	Pyhä-järvi	Tyrnävä	Utajärvi	Kes-kiarvo (koko maa)
Ala-asteiden saavutettavuus (1 km)	32,8	34,6	25,7	46,0	37,7	24,6	46,5	17,7	36,9
Yläasteiden saavutettavuus (1 km)	31,6	15,2	24,8	27,7	20,4	25,0	24,2	30,1	23,3
Päivittäistavara-kauppojen saavutettavuus (2 km)	58,2	46,8	70,8	75,9	41,2	47,3	49,0	49,0	60,7
Bussipysäkkien saavutettavuus (250 m)	42,6	37,7	22,8	32,7	38,0	32,8	25,8	32,4	38,7
Rautatieaseman saavutettavuus (2,5 km)	55,2	0,0	0,0	51,2	39,6	45,7	0,0	50,2	16,3
Väestö haja-asutus-alueilla (%)	40,6	33,6	32,4	30,9	54,4	37,8	22,0	47,1	34,8
Taajamista asemakaavoitettu (%)	28,5	22,7	49,6	30,0	21,7	68,6	54,3	30,1	53,2
Työpaikkaomavaraisuus	1,0	1,5	1,6	1,4	1,1	1,0	1,8	1,0	1,2
Kunnasta ulos pendelöivät työlliset (%)	23,0	54,5	62,1	53,6	34,0	21,4	65,1	33,8	40,5
Linja-autojen katusuorite (Mkm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5
Kevyen liikenteen väylät (km)	11,8	30,7	9,4	17,7	33,6	13,0	10,6	7,1	64,8
Väkiluku	1,8	2,2	0,6	2,1	2,3	1,5	1,9	0,8	1,9
Alle 15-vuotiaiden osuus väestöstä (%)	15,6	16,4	20,2	16,8	17,8	12,2	24,4	10,9	12,0
15-64-vuotiaiden osuus väestöstä (%)	52,0	55,4	55,5	58,6	55,4	46,8	57,5	47,6	52,8
Yli 64-vuotiaiden osuus väestöstä (%)	32,5	28,2	24,2	24,5	26,7	41,0	18,1	41,5	35,2
Tulot (tuhatta euroa vuodessa)	24,3	26,3	25,7	27,4	25,2	25,9	26,9	23,2	26,6
Tieverkoston pituus (km)	372,0	674,0	94,0	332,0	460,0	697,0	337,0	534,0	531,3
Pinta-ala	765,9	1614,1	213,9	783,6	527,9	1310,8	491,8	1671,1	1029,2

Skenaariotarkastelussa palveluiden saavutettavuutta parannetaan siten, että 90 % väestöstä asuu enintään kahden kilometrin etäisyydellä lähimmästä päivittäistavara-kaupasta ja sekä ala- että yläaste-ikäisistä koululaisista 70 % asuu enintään kahden kilometrin etäisyydellä koulustaan. Käytännössä muutokset voidaan saavuttaa esimerkiksi tiivistämällä yhdyskuntarakennetta kaavoittamalla uusia asuinalueita palveluiden läheisyyteen tai perustamalla kyläkauppoja ja -kouluja. Viime vuosikymmenien suuntaus

on ollut kohti palveluiden keskittämistä, joten saavutettavuuden parantaminen tapahtuisi todennäköisimmin tiivistämisen avulla. Toisaalta etenkin maaseutumaisten kuntien osalta tiivistäminen on haasteellista, koska usein niissä asutaan suuren asumisväljyyden mahdollisuuden vuoksi.

Vaihtoehtoisten kulkumuotojen osalta tarkasteltiin linja-autoliikenteen palvelutarjontaa ja kevyen liikenteen väylien määriä. Linja-autoliikenteen saavutettavuutta parannettiin siten, että 80 % väestöstä asuu enintään 250 metrin päässä lähimmästä linja-autopysäkestä, mikä tarkoittaa 37–57 prosenttiyksikön parannusta nykytilaan verrattuna. Useimmiten pysäkkien saavutettavuuden parantamiseen liittyy samanaikaisesti linja-autosuoritteiden lisääminen. Linja-autojen katusuoritteita kasvatettiin siten, että suoritemäärä per asukas on kaikissa kunnissa sama kuin koko maassa keskimäärin.

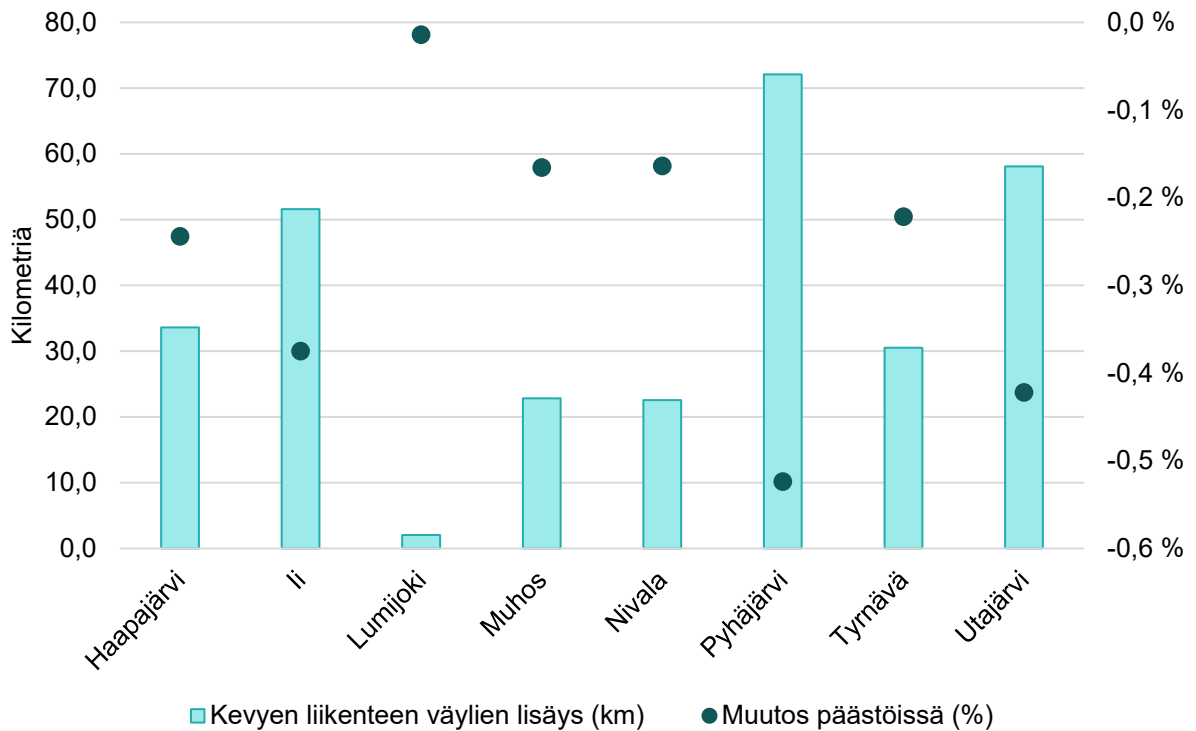
Henkilöautoliikenteen päästöjen lisäksi linja-autoliikenteen tarkastelussa on olennaista tarkastella linja-autojen päästöjä. Edellä kuvatulla tavalla laskettuna Haapajärvellä, Iissä ja Utajärvellä linja-autojen päästöt kasvavat enemmän kuin henkilöautoliikenteen päästöt vähenevät. Kuvassa 14 esitetään niin sanottu maksimaalinen linja-autojen katuajosuorite oletetuilla linja-autopysäkkien saavutettavuuksilla ja henkilö- sekä linja-autojen käyttövoimajakaumilla, joilla tieliikenteen päästöt eivät muutu. Toisin sanoen linja-autojen päästöt ylittävät henkilöautojen päästövähennykset, mikäli linja-autosuoritteita kasvatetaan tätä suuremmiksi. Tulosten mukaan kohdekunnissa on vaikea saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä paikallisen linja-autoliikenteen tarjonnan parantamisella.



Kuva 14. Henkilö- ja linja-autojen päästöjen vertailu.

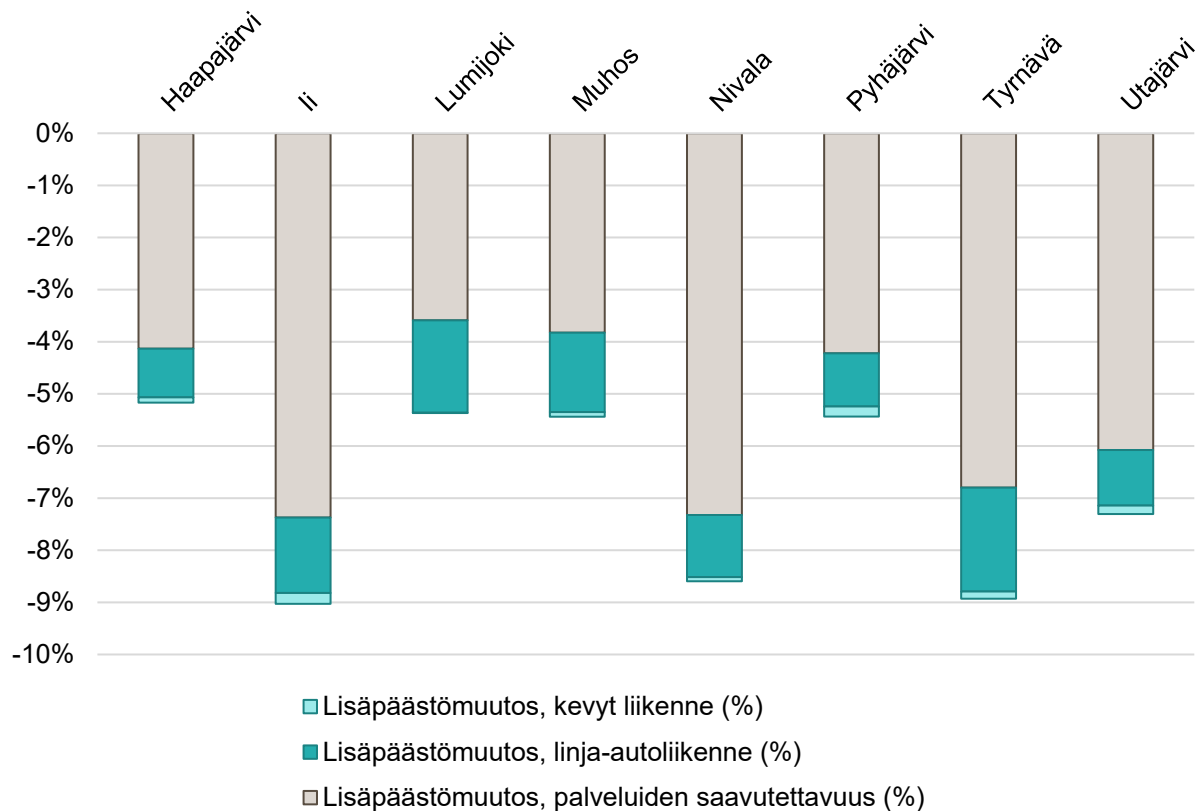
Vaihtoehtoisista kulkumuodoista ALasSken-työkalussa on joukkoliikenteen lisäksi mallinnettu kevyen liikenteen väylien ja henkilöautoliikenteen välinen yhteys. Suomen kunnissa on keskimäärin 0,12 kilometriä kevyen liikenteen väyliä yhtä tiekilometriä kohden, kun kohdekunnissa suhdeluku vaihtelee Utajärven 0,01 kilometristä Lumijoen 0,10 kilometriin. Skenaariotarkastelussa oletettiin, että kohdekuntiin rakennetaan uusia kevyen liikenteen väyliä siten, että niiden suhde tiekilometreihin on sama kuin Suomen kunnissa keskimäärin (0,12). Kuvassa 15 on esitetty sekä skenaariossa rakennettavien uusien väyläkilometrien määrä että niiden vaikutus henkilöautoliikenteen päästöihin. Tulosten perusteella

päästövaikutukset ovat kohdekunnissa suhteellisen pienet. Kevyen liikenteen väylien rakentamisen yhteydessä on kuitenkin keskeistä tarkastella muita positiivisia vaikutuksia esimerkiksi terveyteen (Kärmeniemi 2021).



Kuva 15. Muutos kevyen liikenteen väyläkilometreissä ja sen vaikutus henkilöautoliikenteen päästöihin.

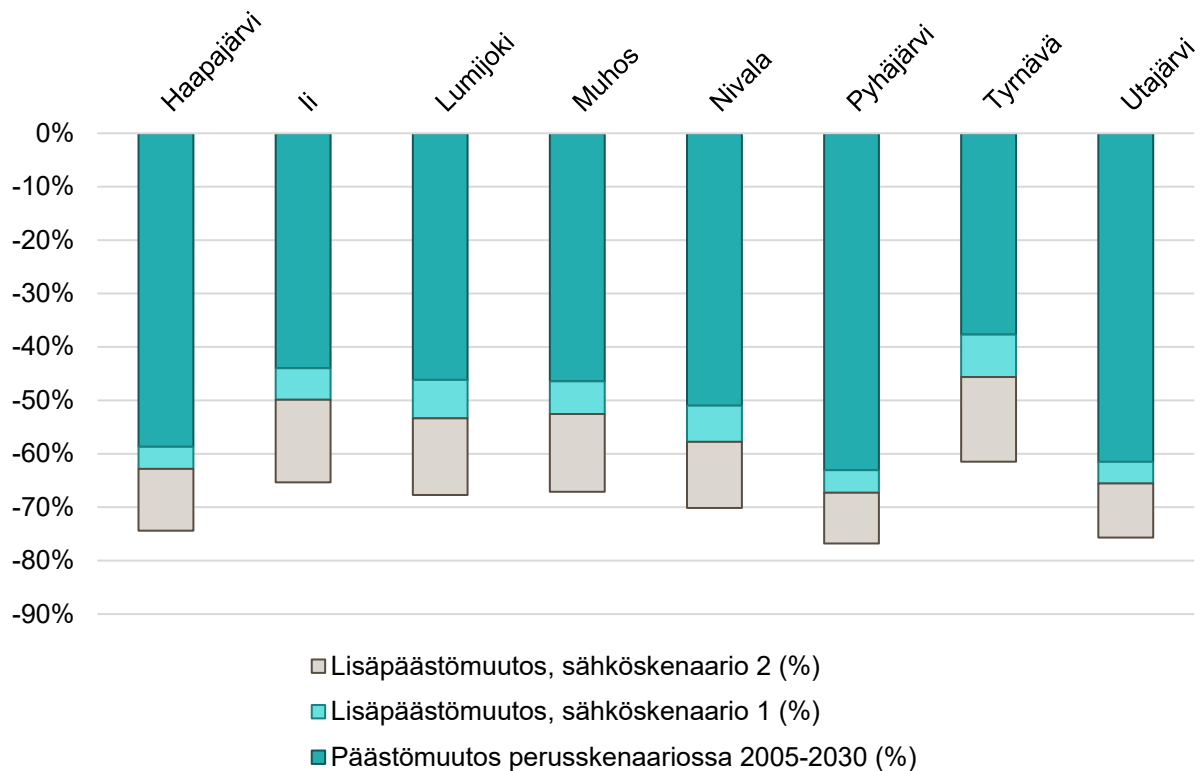
Kuvassa 16 on esitetty edellä kuvatut muutokset palveluiden saavutettavuudessa, linja-autoliikenteessä ja kevyen liikenteen väylästä. Suurimmat vaikutukset ajosuoritteisiin ja siten päästöihin saavutetaan parantamalla palveluiden saavutettavuutta. Linja-autoliikenteen ja kevyen liikenteen väylästä kehittä-mällä voidaan korvata henkilöautosuoritteita vain rajatusti.



Kuva 16. Ajosuoritteisiin vaikuttavien tekijöiden yhteisvaikutus päästöihin.

6.3 Käyttövoimaskenaario

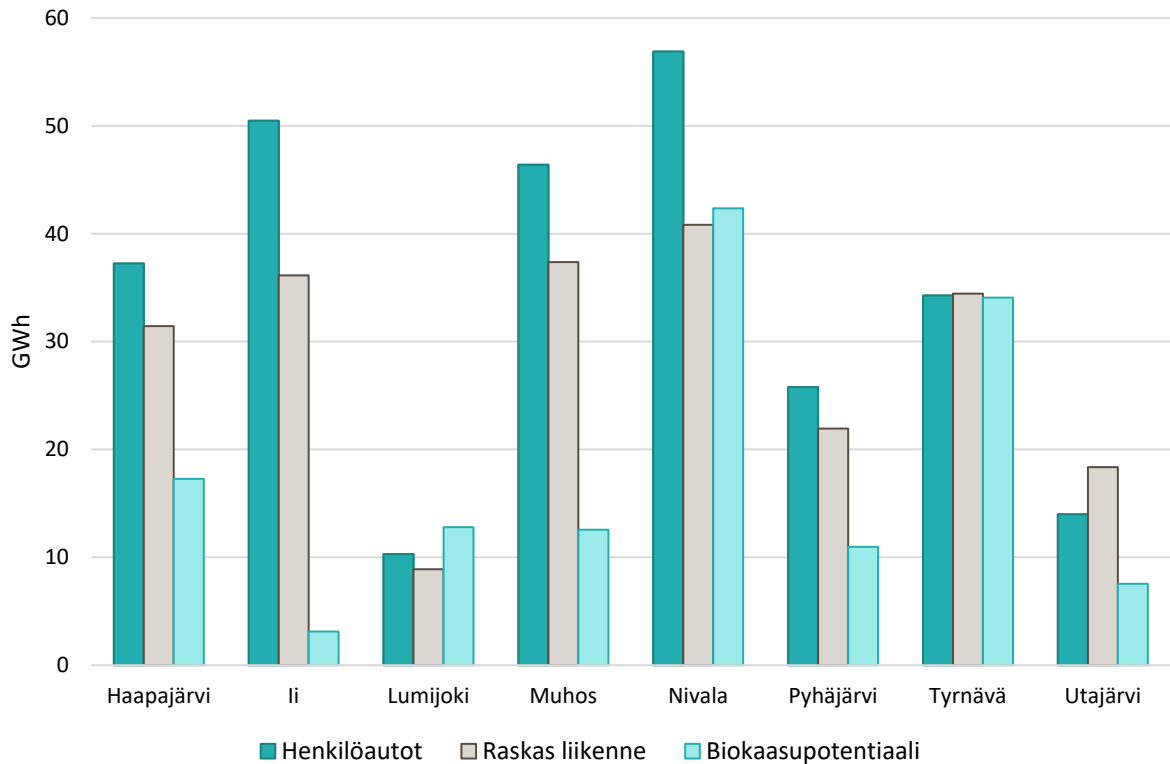
Käyttövoimaskenaarioissa ajoneuvojen määrä muuttuu väestöennusteen mukaisesti. Skenaarioissa tarkasteltiin erikseen ajoneuvokannan sähköistymisen ja biokaasun käytön kautta saavutettavia päästövähennyksiä. Sähköistymisskenaarioita luotiin kaksi, joista ensimmäisessä henkilöajoneuvokannasta 20 % on täyssähköisiä (sähköskenaario 1) ja toisessa 50 % (sähköskenaario 2) vuoteen 2030 mennessä. Kuvassa 17 esitettyyn perusskenaarion päästövähennykseen ei sisälly edellisessä luvussa 6.2 tehtyjä ajosuoritteisiin vaikuttavia toimenpiteitä. Ajoneuvokannan lisäsähköistämällä voidaan saavuttaa huomattavia päästövähennyksiä myös perusskenaarion päästövähennysten päälle. Toisaalta tulee ottaa huomioon, että verrattuna perusskenaarion tavoitteeseen, jossa sähköautojen osuus olisi 6 % henkilöautokannasta, sähköskenaarioiden tavoitteet ovat erittäin kunnianhimoisia. Kunta voi tukea sähköautoiluun siirtymistä esimerkiksi edistämällä julkista latausinfrastruktuuria sekä informaatio-ohjauksella.



Kuva 17. Ajoneuvokannan sähköistämiskenaarioiden vaikutukset päästöihin.

Pohjois-Pohjanmaan maakunnan ilmastotiekartassa on kärkiteemoiksi nostettu mm. bio- ja kiertotalouden, kestävän energiantuotannon ja vähäpäästöisen liikenteen edistäminen. Biokaasun tuotannon ja käytön lisääminen on tunnistettu tärkeäksi toimenpiteeksi kaikissa näissä teemoissa (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2021). Biokaasuskenaariota varten laskettiin peltoviljelyn ja karjatalouden sivuvirtojen biokaasun teknistaloudelliset tuotantopotentiaalit kohdekunnissa (Kuva 18). Lisäksi kuvassa 18 on esitetty autoliikenteen energiankulutukset. Energiankulutustiedot ovat peräisin ALas-päästölaskentajärjestelmästä ja koskevat vuotta 2018 (Suomen ympäristökeskus 2021a).

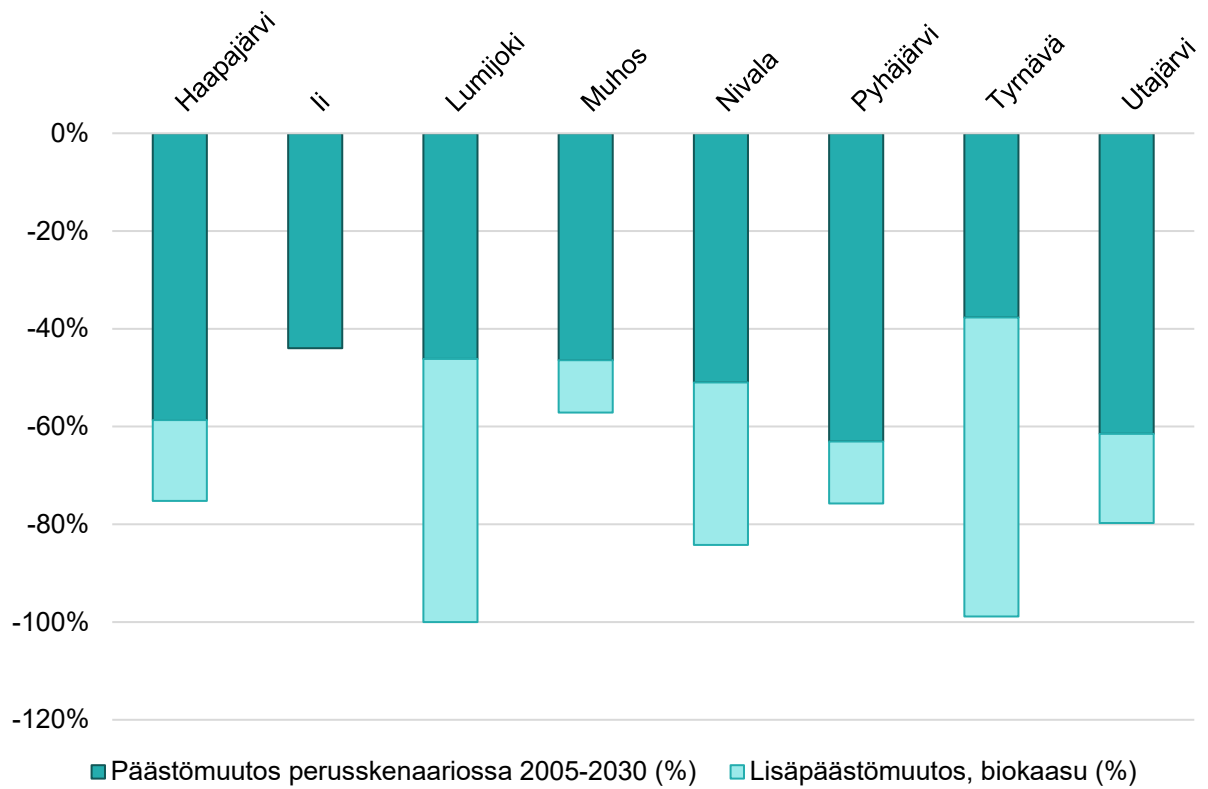
Energiankulutukset on laskettu ns. Hinku-laskentasääntöjen mukaisesti, eli on otettu huomioon henkilöautojen käyttöperusteiset päästöt ja paketti-, linja- ja kuorma-autojen alueperusteiset päästöt ilman läpiajoliikennettä (Lounasheimo ym. 2020). Peltoviljelyn sivuvirroista laskelmissa ovat mukana ke-santo- ja suojavyöhykenurmet ja viherlannoitusnurmien alkusato, viljojen ja nurmen siemenen olki sekä perunan ja valkuais- ja öljykasvien varret. Eläintalouden sivuvirroista on otettu huomioon nautojen, sikojen, siipikarjan, hevosten ja turkiseläinten lanta. Sivuvirtojen määrärviot ovat peräisin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämästä Biomassa-atlas-verkkopalvelusta (Luonnonvarakeskus 2017). Karjatalouden ylijäämärehun ja erityisesti energiantuotantoon kasvatetun energianurmen määriä ja biokaasupotentiaalia ei ole arvioitu, koska tietoja niistä ei ole saatavilla. Muut mahdolliset biokaasun raaka-aineet jätettiin pois tarkastelusta, koska niiden määrät olivat kohdekunnissa hyvin vähäiset. Arviot eri lantajakeiden metaanintuotosta ja teknistaloudellisesta hyödyntämispotentiaalista on laskettu Luonnonvarakeskuksen julkaisussa esitetyillä laskentaoletuksilla (Luostarinen ym. 2019). Peltoviljelyn sivuvirtojen biokaasun tuottopotentiaalit ovat peräisin Biokaasulaskurin lähtöaineistoista (Riihimäki ym. 2014).



Kuva 18. Henkilöauto- ja raskaan liikenteen energiankulutukset ja biokaasun teknistaloudellinen tuotantopotentiaali kohdekuunnissa. Raskaaseen liikenteeseen on yhdistetty kuorma-, linja- ja pakettiautot.

Henkilöautojen energiankulutus on Utajärveä lukuun ottamatta kaikissa kohdekuunnissa suurempi tai likimain yhtä suuri kuin raskaan liikenteen. Vahvoissa maatalouspitäjissä Lumijoella, Nivalassa ja Tyrnävällä omassa kunnassa tuotetulla biokaasulla voitaisiin kattaa merkittävä osa liikenteen energiantarpeesta (Nivala 43 %, Tyrnävä 50 % ja Lumijoki peräti 67 %). Iissä oma biokaasu riittäisi kattamaan liikenteen energiantarpeesta vain 4 %. Muissa kunnissa biokaasupotentiaali on 15–25 % liikenteen kuluksista.

Kaasuskenaariossa oletettiin, että täyssähköautojen osuus ajoneuvokannasta on nolla ja paikallinen henkilöajoneuvokanta hyödyntää täysimääräisesti paikallisen biokaasuenergian. Kohdekuunnista Lumijoki, Nivala ja Tyrnävä ovat hyvin maatalousvaltaisia väkilukuun suhteutettuna. Tämän vuoksi niissä oleva biokaasupotentiaali riittäisi kattamaan merkittävän osan henkilöautoliikenteen energiantarpeesta, mikä johtaisi Lumijoella ja Tyrnävällä jopa päästöjen nollautumiseen yhdessä perusskenaarion mukaisen oletusten kanssa (Kuva 19).



Kuva 19. Biokaasuskenaarioiden tulokset.

7 Yhteenveto

Kotimaan liikenteen päästöt ovat noin viidesosa kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (Suomen virallinen tilasto 2021b). Tieliikenne muodostaa valtaosan liikenteen kokonaispäästöistä, lähes 95 % (Suomen ympäristökeskus 2021a). Suomi pyrkii puolittamaan taakanjakosektoriin kuuluvan kotimaan liikenteen (ilman kotimaan lentoliikennettä) päästöt vuodesta 2005 vuoteen 2030 mennessä (Andersson ym. 2020).

Liikenteen päästöjä määrittää liikenteen energiantarve, joka muodostuu ajoneuvojen määrästä, ajosuoritteesta ja siitä, kuinka tehokkaasti ajoneuvot käyttävät energian hyödyksi. Ajoneuvojen energiatehokkuus määrittyy ajoneuvon tekniikasta ja ajotavan taloudellisuudesta. Keskeisintä kuitenkin on fossiilisten polttoaineiden käytön merkittävä vähentäminen liikkumisen energialähteenä.

Päätäjillä ja liikenteestä vastaavilla toimijoilla on käytettävissään useita erityyppisiä ohjauskeinoja liittyen ajoneuvojen omistamiseen, ajosuoritteeseen ja käytettäviin teknologioihin. Ohjauskeinoja voidaan kategorisoida viiteen ryhmään: taloudellisiin, sääntelyyn pohjaaviin, teknologiaan vaikuttaviin sekä suunnittelua ja informaatiota hyödyntäviin keinoihin (Dalkmann ym. 2014). Näistä sääntely ja hintoihin suoraan vaikuttavat toimenpiteet ovat pääasiassa kansallisen tai jopa ylikansallisen tason ohjauskeinoja.

Alueilla ja paikallisella tasolla kunnissa on käytettävissä pehmeämpiä ohjauskeinoja, jotka ohjaavat osaltaan kestävämpään liikkumiseen. Ohjauksessa voidaan seurata välttä-siirrä-paranna-hierarkiaa (esim. Dalkmann ym. 2014 ja Bongardt ym. 2019), jossa ensin painotetaan liikennesuoritteiden välttämistä/vähentämistä, toisena portaana pyritään siirtämään liikkumista vähäpäästöisempiin vaihtoehtoihin, esimerkiksi julkiseen liikenteeseen ja viimeisenä pyritään parantamaan teknologian tehokkuutta. Suunnittelulla voidaan vaikuttaa ajosuoritteeseen parantuneen palveluiden saavutettavuuden kautta ja tehdä myös julkisesta ja kevyestä liikenteestä houkuttelevampaa.

Yhtenä liikenteen päästövähennystoimenpiteenä on Suomessa asetettu tavoitteet vähäpäästöisten ajoneuvojen määrille. Tavoitteiden mukaan sähköautoja (ml. täyssähkö ja ladattavat hybridit) pitäisi olla yhteensä 250 000 kpl ja kaasuautoja 50 000 kpl vuoteen 2030 mennessä (Ympäristöministeriö 2017). Eri yhteyksissä on esitetty korkeampiakin lukumäärätavoitteita. Tässä raportissa tehdyn tarkastelun kohdekunnissa Pohjois-Pohjanmaalla (Haapajärvi, Ii, Lumijoki, Muhos, Nivala, Pyhäjärvi, Tyrnävä ja Utajärvi) on tällä hetkellä noin 27 000 henkilöautoa. Edellä mainitun tavoitteen toteutuminen tarkoittaisi, että näissä kunnissa tulisi olla 2 500 sähköautoa ja noin 500 kaasuautoa vuonna 2030.

Henkilöautoliikenteen päästövähennysten skenaariotarkastelu jaettiin kahteen pääluokkaan, joista ensimmäisessä tarkasteltiin ajosuoritteiden muutosten ja toisessa henkilöautokannan käyttövoimamuu-tosten vaikutuksia päästöihin. Ajosuoriteskenaarion tuloksista havaitaan, että tarkastelun kohdekunnissa on olennaisinta keskittyä parantamaan palveluiden saavutettavuutta. Paikallisesti saavutettavuutta voidaan edistää esimerkiksi kaavoituspäätöksillä tai palveluverkkoa kehittämällä. Tarkastelun kohteena olleissa maaseutumaisissa, pienissä kunnissa linja-autoliikenteen saavutettavuuden ja suoritteiden lisäämisen vaikutus henkilöautosuoritteiden ja sitä kautta päästöjen vähentämiseen on hyvin rajallinen. Kevyen liikenteen väylästä kehittämisellä on vielä edellisiä vähäisempi vaikutus henkilöautoliikenteen päästöihin.

Tuloksia tulkittaessa tulee kuitenkin huomioida tarkasteltujen kuntien ominaisuudet. Sekä linja-autoliikenteen että kevyen liikenteen edistämisen vaikuttavuus on vähäistä pääosin kuntien yhdyskuntarakenteen ja sijainnin vuoksi. Pienissä, hajanaisesti asutuilla alueilla oman auton käyttö on usein tarpeellista pitkien etäisyyksien vuoksi eikä joukkoliikennettä saada kannattavaksi pienen asiakaskunnan takia. Suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa vaikutukset olisivat hyvin erilaiset, ja joukkoliikenteen sekä kevyen liikenteen edistäminen nähdään usein päästövaikutuksiltaan merkittäviksi.

Pienissä kunnissa, joissa oman auton omistaminen on usein välttämätöntä, henkilöautokannan käyttövoimajakauman merkitys korostuu. Tulosten perusteella henkilöautoliikenteessä on tärkeää pyrkiä

edistämään ensisijaisesti sähköautoilua. Perusskenaarion mukaisella, maltillisella sähköautojen määrän kehityksellä henkilöautoliikenteen päästövähennykset ovat 38–62 % vuodesta 2005 vuoteen 2030 mennessä. Jos lähtökohdaksi otetaan hieman nopeampi kehitys, jossa sähköautojen osuus olisi 20 % henkilöautokannasta vuonna 2030, päästövähennykset ovat 46–68 %, ja jos sähköautojen osuus olisi 50 % vuonna 2030, henkilöautoliikenteen päästöt vähenisivät 62–77 % vuodesta 2005 vuoteen 2030.

Useissa tarkastelluissa kunnissa teknistaloudellinen biokaasun tuotantopotentiaali on merkittävä. Vahvoissa maatalouspitäjissä Lumijoella, Nivalassa ja Tyrnävällä omassa kunnassa tuotetulla biokaasulla voitaisiin kattaa merkittävä osa (43–67 %) liikenteen kokonaisenergiankulutuksesta raskas liikenne (kuorma-, linja- ja pakettiautot) mukaan luettuna, muissa kunnissa selvästi vähemmän. Paikallisesti tuotetun biokaasun hyödyntämisen kehitysnäkymät henkilöautojen polttoainekäytössä ovat kuitenkin melko heikot. Biokaasun tuotanto- ja tankkausinfrastruktuuri vaatisivat suuria panostuksia sen saatavuuden parantamiseksi, ja autonvalmistajat keskittyvät kaasuautojen sijaan sähköautojen kehitystyöhön. Toisin sanoen tämän hetken markkinakehityksen perusteella on odotettavissa, että biokaasun käyttöä liikenteessä tullaan suuntaamaan tulevaisuudessa raskaan liikenteen käyttöön.

Liikenteen päästöjen vähentäminen vaatii teknologisen kehityksen lisäksi myös politiikkatoimia, sillä liikkumistarpeen lisääntyminen syö tehokkuuden paranemisesta saatuja hyötyjä. Yksilöiden ja kotitalouksien liikkumisvalintoihin vaikuttavat monet seikat. Paikallisesti kuntatasolla yksilöiden valintoihin voidaan vaikuttaa rajoitetummalla keinovalikoimalla. Alue- ja yhdyskuntasuunnittelussa tulee ottaa huomioon, että kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi autoiluun liittyy myös maankäyttöön ja terveyteen liittyviä haittoja, kun taas pyöräily ja kävely sen sijaan tuottavat nettohyötyjä terveysvaikutustensa vuoksi. Onkin tärkeää suunnitella liikkumiskäisuja siten, että ne ottavat huomioon parhaalla mahdollisella tavalla myös eri liikkumismuotojen negatiiviset ja positiiviset ulkoisvaikutukset.

Sanasto

Ajosuorite	Ajosuorite kertoo tietyn ajoneuvon tai ajoneuvoryhmän aikayksikössä yhteensä kulkeman matkan pituuden. ALas-mallissa ajosuoritteen yksikkö on km/vuosi.
Allokaatio	Tietyn kokonaisuuden jakaminen eri kohteisiin. ALas-mallissa erityisesti päästöjen kohdentaminen kuntiin.
Alueperusteinen	Alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa päästöt lasketaan niiden tuotantopaikkakunnan mukaan.
Biokaasu/CBG100	100% biokaasua (tai yleisemmin uusiutuvaa energiaa) sisältävä metaanipolttoaine, lyhenne BG (engl. 'Biogas') tai CBG100 (engl. '100 % Compressed Biogas').
Bi-fuel-auto	Kaksoispolttoaineauto (engl. 'bi-fuel vehicle') esim. bensiini ja maakaasu. Bifuel ajoneuvolla voidaan ajaa kahdella polttoaineella vaihtoehtoisesti.
Biodiesel	Ns. perinteinen biopohjainen diesel, rasvahapon metyyliesteri, jota joskus merkitään myös kirjainyhdistelmällä FAME (Fatty Acid Methyl Ester), RME (Rapeseed Methyl Ester), HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) tms.
CBG	Paineistettu biokaasu (engl. 'Compressed biogas').
CMG	Paineistettu metaanipolttoaine (alkuperästä riippumatta, engl. 'Compressed Methane Gas').
CNG	Paineistettu maakaasu (tai yleisemmin paineistettu fossiilinen metaanipolttoaine, engl. 'Compressed Natural Gas').
CO₂e/CO₂-ekv	Hiilidioksidiekvivalentti. Yhteismitta kasvihuonekaasupäästöjen ilmastovaikutuksille ilmaistuna vastaavan vaikutuksen aiheuttavana hiilidioksidimääränä (massa t/vuosi).
Drop-in polttoaine	"Heittämällä yhteensopiva polttoaine", eli polttoaine, joka ei aiheuta muutostarpeita jakeluinfrastruktuurissa tai ajoneuvoissa (engl. 'drop-in fuel').
Dual-fuel auto	Auto, jossa käytössä kaksi polttoainetta samanaikaisesti, esim. diesel ja maakaasu.
E85/RE85	Korkeaseosteinen flex-fuel autojen polttoaine.
ED95	Dieselmoottoriin tarkoitettu lisäaineistettu etanolipolttoaine.
F-kaasut	Fluoratut kasvihuonekaasut, joihin sisältyvät fluorihilivedyt (HFC-yhdisteet), perfluorihilivedyt (PFC-yhdisteet), rikkiheksafluoridi (SF ₆) ja typitrifluoridi (NF ₃). F-kaasuja käytetään pääosin kylmä- ja ilmastointilaitteissa, lämpöpumpuissa, sähköisissä kytkinlaitteistoissa, palontorjunnassa, solumuovien valmistuksessa sekä aerosoleina ja liuottimina.
Flex-fuel auto	Auto, joka pystyy käyttämään mitä tahansa bensiinin ja korkeaseosteisen etanolin seosta (engl. 'flex-fuel/fuel flexible vehicle').
Hinku-laskenta	Kuntien päästövähennystavoitteiden seurantaan tarkoitettu oletuslaskentamalli, johon eivät sisälly päästökauppaan kuuluvan teollisuuden polttoainekäytön, teollisuuden sähkönkulutuksen, teollisuuden jätteiden eikä

	läpiajoliikenteen päästöt. Lisäksi tuulivoiman tuotannosta lasketaan kunnalle päästökompensaatio.
Hybridisähköauto	Joko ladattava tai avustettu sekä sähköä että muuta polttoainetta käyttävä auto. Lyhenne HEV (engl. 'Hybrid Electric Vehicle').
HVO	Vetykäsitelty kasviöljy/eläinrasva; toisen sukupolven biodiesel (engl. 'Hydrotreated Vegetable Oil').
Kulutusperusteinen	Alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa päästöt lasketaan tarkasteltavalla alueella tapahtuvan kulutuksen mukaan niin, että päästöarvioon sisältyvät kaikkien kulutettujen tuotteiden koko tuotantoketjun päästöt
Kulutussähkö	ALas-mallissa kaikki sähkönkulutus, lukuun ottamatta sähkölämmitystä ja maalämmön lämpöpumppujen sekä (raide)liikenteen käyttämää sähköä. Myös muu sähkö tai käyttösähkö.
Käyttöperusteinen	Suomessa yleisesti käytetty alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa osa päästöistä lasketaan niiden tuotantopaikkakunnan ja osa alueella tapahtuvan kulutuksen mukaan.
Ladattava sähköauto	Sähköauto, jota voidaan ladata ulkoisesta pistorasiasta. Lyhenne PEV (engl. 'Plug-in Electric vehicle').
LBG	Nesteytetty biokaasu (engl. 'Liquefied biogas').
LMG	Nesteytetty metaanipolttaine (alkuperästä riippumatta, engl. 'Liquefied Methane Gas').
LIISA	Suomen tieliikenteen päästölaskentamalli. Mallilla tuotetaan Suomen viralliset vuosittaiset päästömäärät EU:lle, YK:lle ja Suomen tilastoihin. LIISA on osa VTT:n kehittämää LIPASTO-laskentajärjestelmää.
LIPASTO	VTT:n toteuttama ja ylläpitämä Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Kattaa tie-, raide-, vesi- ja ilmaliiikenteen sekä työkonet
LNG	Nesteytetty maakaasu (engl. 'Liquified Natural Gas').
Läpiajoliikenne	ALas-mallissa muihin kuntiin rekisteröityjen ajoneuvojen liikenne tarkasteltavan kunnan alueella.
Metaani	Hiilestä ja vedystä koostuva hajuton, ilmaa kevyempi kaasu, joka on hiilidioksidin jälkeen toiseksi tärkein ilmastoa lämmittävä kasvihuonekaasu.
NEDC	Väistynä autojen pakokaasujen mittausmenetelmä EU:ssa (engl. 'New European Driving Cycle').
P2G	Sähköllä tuotetun vedyn ja hiilidioksidin jalostus kaasuksi (metaaniksi, engl. 'Power to Gas').
P2X	Sähköllä tuotetun vedyn ja hiilidioksidin jalostus metaaniksi tai muiksi poltonesteiksi (engl. 'Power to X').
Pistoke/lataushybrid	Hybridisähköauto, jota voidaan ladata ulkoisesta pistorasiasta. Lyhenne PHEV (engl. 'Plug-in Hybrid Electric Vehicle').
Päästökauppa	Markkinaehtoinen järjestely, jossa CO ₂ -päästöjä tuottavat laitokset ovat velvollisia omistamaan tuottamiaan päästöjä vastaavan määrän päästö-

	oikeuksia, joita nämä laitokset voivat ostaa ja myydä keskenään. Markkinoilla olevien päästöoikeuksien kokonaismäärä on rajoitettu.
Synteettinen biokaasu	Puusta tai muusta biomassasta termokemiallisesti valmistettu metaani-kaasu. Lyhenne SBG (engl. 'Synthetic biogas').
Synteettinen polttoaine tai sähköpolttoaine	Vedestä ja ilmakehästä kerätystä hiilidioksidista synteessin kautta valmistettu polttoaine, ks. P2G ja P2X (engl. 'Electrofuel').
Sähköauto	Joko täyssähkö- tai ladattava hybridisähköauto. Lyhenne EV (engl. Electric vehicle).
Taakanjakosektori	Päästökaupan ulkopuoliset sektorit eli liikenne, maatalous, rakennusten erillislämmitys, työkoneet, jätteiden käsittely ja F-kaasut.
Tank-to-wheel	Polttoaineen loppukäyttö ”tankista renkasiin”. Lyhenne TTW.
Traficom	Liikenne- ja viestintävirasto. Liikenteen ja viestinnän lupa-, rekisteröinti- ja hyväksyntä- sekä turvallisuusviranomainen.
Tuotantoperusteinen	Alueellisen päästölaskennan rajausta, jossa päästöt lasketaan niiden tuotantopaikkakunnan mukaan
Täyssähköauto	Auto, jossa on ainoastaan sähkömoottori, ja jota voidaan ladata ulkoisesta pistorasiasta. Lyhenne BEV (engl. 'Battery electric vehicle').
UE-metaani	Mistä tahansa uusiutuvasta primäärienergiälähteestä peräisin oleva metaanipolttoaine (engl. 'Renewable methane').
Uusiutuva diesel	Erilaisista eläin- ja kasvipärisistä raaka-aineista valmistettu vetykäsittely diesel, joka kemialliselta koostumukseltaan vastaa fossiilista dieseliä.
WLTP-päästömittaus	Uusi pakokaasupäästöjen mittaussuunnitelma EU:ssa (engl. 'Worldwide harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure').
Well-to-wheel	Polttoaineen koko elinkaari ”tuotannosta renkasiin”. Lyhenne WTW.

Liitteet

Liite 1: Skenaariotyökalun näkymä

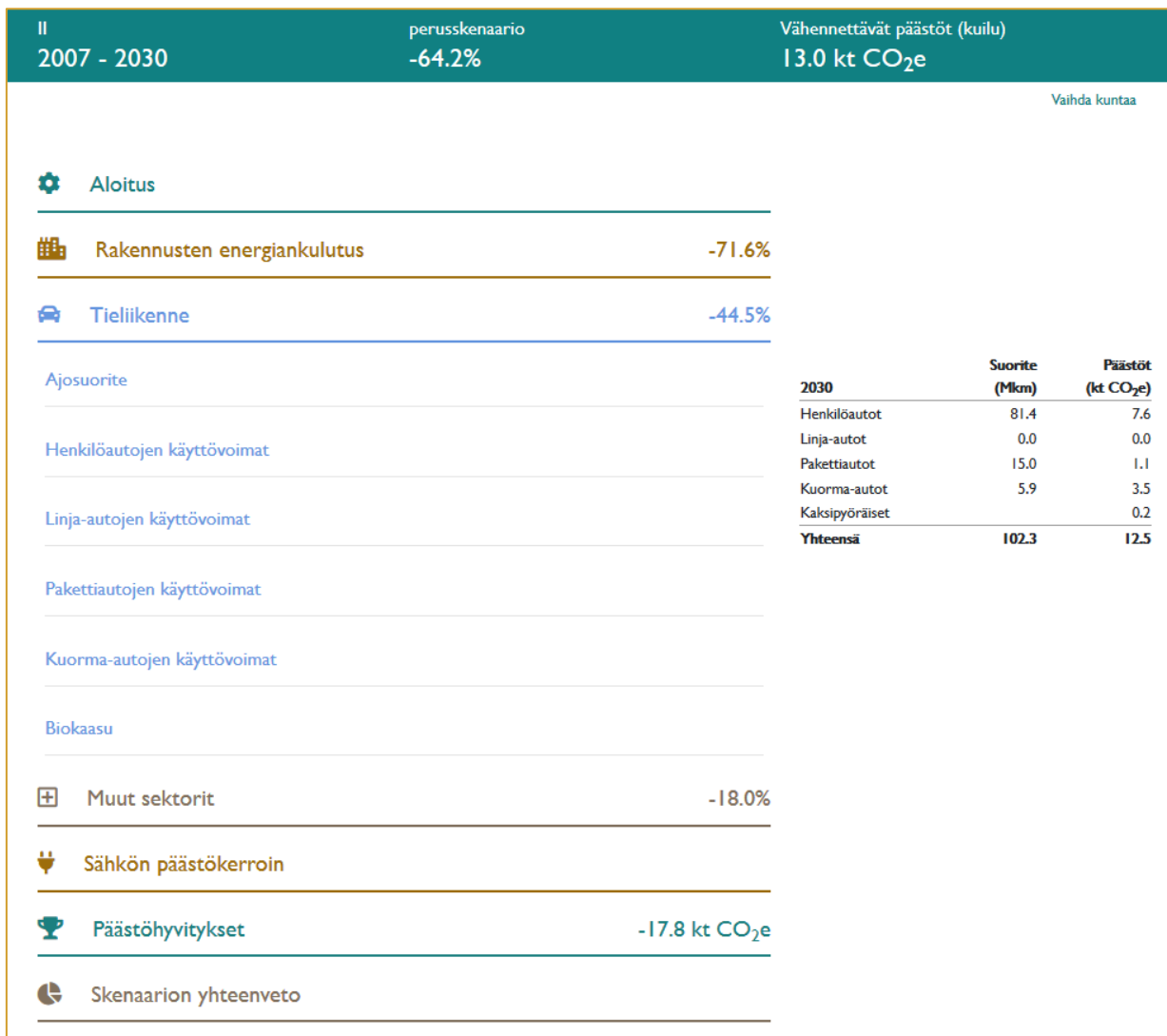
Liite 2: Ajosuoriteskenaario esimerkit skenaariotyökalussa

Liite 3: Käyttövoimaskenaarioiden esimerkit skenaariotyökalussa

Liite 4: Yhteenveto sektorin päästöistä skenaariossa

Liite 1: Skenaariotyökalun perusnäky

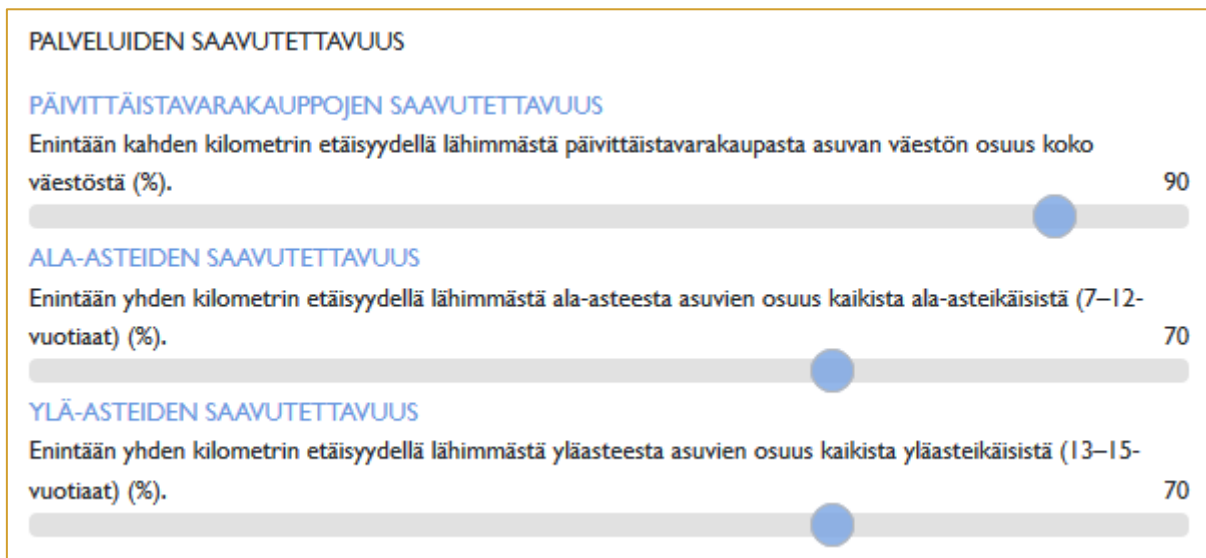
Skenaariotyökalun perusnäkyssä käyttäjä näkee yläpalkissa valitun kunnan, aikavälin, skenaarion nimen sekä päästövähennyksen ja vähennettävien päästöjen määrän yksikkönä CO₂e.



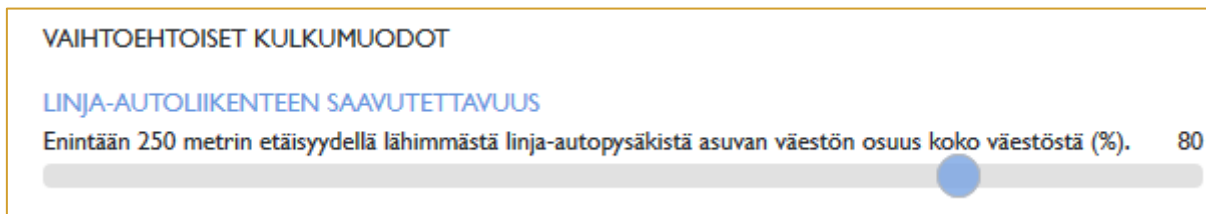
Lisäksi näkyssä ovat eri sektorit sekä aloitusvalikko, josta voi muokata skenaarion nimeä, tallentaa ja tuoda skenaarion, muokata aikaväliä ja muita skenaarion taustalla olevia oletuksia (väkiluvun muutos, rakennuskannan kerrosalan muutos). Yllä olevassa esimerkikuvassa on avattu tieliikennesektorin alavalikko, jossa on kuusi alavalikkoa: ajosuorite, henkilöautojen, linja-autojen, pakettiautojen ja kuorma-autojen käyttövoimat sekä biokaasu. Näkymän oikeanpuolimmaisessa sarakkeessa näkyy yhteenvedo sektorin päästöistä luodussa skenaariossa. Yhteenvedo päivittyy reaaliaikaisesti, kun työkalussa muutetaan liukureilla skenaarion arvoja, esimerkiksi henkilöautojen käyttövoimien osuuksia (ks. liite 4). Kaikki muuttujat eri sektoreilla on annettu prosentuaalisina muutoksina tai osuuksina lukuun ottamatta päästöhyvitykset-osiota, esimerkiksi täyssähköisen käyttövoiman osuus (ks. liite 3) tai muutos kunnassa sijaitsevien kevyen liikenteen väylien määrässä (ks. liite 2).

Liite 2: Ajosuoriteskenaario esimerkit skenaariotyökälussa

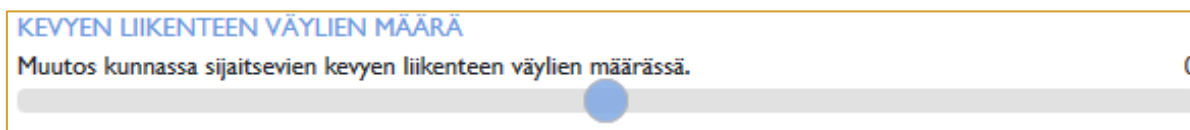
Ajosuoriteskenaariossa palveluiden saavutettavuutta muutetaan ala- ja yläasteiden saavutettavuuden osalta.



Vaihtoehtoisten kulkumuotojen osalta skenaariotyökälussa voi muokata esimerkiksi linja-autoliikenteen saavutettavuutta. Mittarina saavutettavuudelle käytetään linja-autopysäkkien läheisyydessä asuvan väestön osuutta.



Keuyen liikenteen osalta työkalussa voi muokata väylien määrän muutosta. Muutos on prosentuaalinen lisäys tai vähennys verrattuna lähtötilanteeseen.



Liite 3: Käyttövoimaskenaarioiden esimerkit skenaariotyökälussa

Henkilöautojen käyttövoimien osalta käyttövoimat on jaettu viiteen kategoriaan, joiden osuuksia kokonaisautokannasta voidaan muokata.



Liite 4: Yhteenvedo sektorin päästöistä skenaariossa

Työkälu näyttää päivittyvän yhteenvedon auki olevan sektorin päästöistä skenaariossa. Alla olevassa esimerkikuvassa käyttövoimaskenaario (täyssähköisten henkilöautojen osuus 50 %) vähentää päästöjä liissä 9,5 kt:iin CO₂e taso, vaikka ajosuorite ei muutu.

	Suorite (Mkm)	Päästöt (kt CO ₂ e)
2030		
Henkilöautot	81.4	4.7
Linja-autot	0.0	0.0
Pakettiautot	15.0	1.1
Kuorma-autot	5.9	3.5
Kaksipyöräiset		0.2
Yhteensä	102.3	9.5

Lähteet

- Andersson, A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari, J. & Hokkanen, E. 2020. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:18. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Autoalan tiedotuskeskus. 2020. Ladattavien autojen käyttäjätutkimus - selvitys ladattavien hybridien ja täyssähköautojen käyttötavoista. Tammikuu 2020. https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien_autojen_tutkimusraportti_liitteinen.pdf.
- Autoalan tiedotuskeskus. 2021. Tieliikenne. E10-bensiini. https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bensiini/e10-bensiini. Viitattu 18.6.2021.
- Banerjee, S., Savani, M. & Shreedhar, G. 2021. Public support for 'soft' versus 'hard' public policies: Review of the evidence. *Journal of Behavioral Public Administration* 4 (2).
- Becker, H., Ciari, F. & Axhausen, K.W. 2018. Measuring the car ownership impact of free-floating car-sharing. A case study in Basel, Switzerland. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 65: 51-62.
- Bongardt, D., Stiller, L., Swart, A. & Wagner, A. 2019. Sustainable urban transport: Avoid-shift-improve (A-S-I). iNUA #9: Implementing the new urban agenda. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). <https://www.sutp.org/publications/sustainable-urban-transport-avoid-shift-improve-a-s-i-inua-9/>.
- Börjesson, M. & Kristoffersson, I. 2018. The Swedish congestion charges: Ten years on. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 107: 35-51.
- Caulfield, B. 2012. An examination of the factors that impact upon multiple vehicle ownership: The case of Dublin, Ireland. *Transport Policy* 19 (1): 132-138.
- Dalkmann, H., Brannigan, C., Lefevre, B. & Enriquez, A. 2014. Transport and climate change. Module 5e: Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities. Updated Volume. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Digiroad. 2021. Kansallinen tie- ja katuverkon tietojärjestelmä. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/digiroad>.
- Ding, C., Wang, Y., Tang, T., Mishra, S., & Liu, C. 2018. Joint analysis of the spatial impacts of built environment on car ownership and travel mode choice. *Transportation research part D: transport and environment* 60: 28-40.
- Ellingsen, L.A.W., Singh, B. & Strømman, A.H. 2016. The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters* 11 (5): 054010.
- Euroopan komissio. 2020. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. EU:n ilmastotavoite vuodelle 2030 entistä korkeammalle. Panostetaan ilmastoneutraaliin tulevaisuuteen ihmisten hyväksi. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0562&from=EN>. Annettu 17.9.2020.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. 2018. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001 uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (uudelleenlaadittu). Liite VI. Biomassapolttoaineiden ja niiden fossiilisten vertailukohtien kasvihuonekaasuvaikutuksen laskemista koskevat säännöt. Annettu 11.12.2018.
- Eurooppa-neuvosto. Euroopan unionin neuvosto. 2021. Eurooppalainen ilmastolaki: neuvosto ja parlamentti alustavaan sopuun. EU:n neuvoston lehdistötiedote. Päivitetty 5.5.2021. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2021/05/05/european-climate-law-council-and-parliament-reach-provisional-agreement/>. Viitattu 18.5.2021.
- EUR-Lex. 2018. Kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmä. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l28012&from=FI>. Päivitetty 3.10.2018. Viitattu 14.5.2021.
- Figenbaum, E., Assum, T. & Kolbenstvedt, M. 2015. Electromobility in Norway: Experiences and opportunities. *Research in Transportation Economics* 50: 29-38.
- Fridstrøm, L. 2017. From innovation to penetration: Calculating the energy transition time lag for motor vehicles. *Energy Policy* 108: 487-502.
- Gasum Oy. 2021. Kaasutankkausasemat. <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>. Viitattu 29.7.2021.
- Gustafsson, M., Svensson, N., Eklund, M. & Fredriksson Möller, B. 2021. Well-to-wheel climate performance of gas and electric vehicles in Europe. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 97: 102911.
- Gössling, S., Choi, A., Dekker, K. & Metzler, D. 2019. The social cost of automobility, cycling and walking in the European Union. *Ecological Economics* 158: 65-74.

- Helminen, V. & Ristimäki, M. 2007. Relationships between commuting distance, frequency and telework in Finland. *Journal of Transport Geography* 15 (5): 331-342.
- Hill, N., Amaral, S., Morgan-Price, S., Nokes, T., Bates, J. Helms, H., Fehrenbach, H., Biemann, K., Abdalla, N., Jöhrens, J., Cotton, E., German, L., Harris, A., Ziem-Milojevic, S., Haye, S., Sim, C. & Bauen, A. 2020. Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. Final Report for the European Commission, DG Climate Action, European Commission. ED11344 - Issue Number 3.
- Holtmark, B. & Skonhoft, A. 2014. The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries? *Environmental Science & Policy* 42: 160-168.
- Ilmastolaki. 609/2015. Annettu 22.5.2015.
- Kaaronen, R.O. & Strelkovskii, N. 2020. Cultural Evolution of Sustainable Behaviors: Pro-environmental Tipping Points in an Agent-Based Model. *One Earth* 2 (1): 85-97.
- Karhinen, S. & Lounasheimo, J. 2021. Kuntien kasvihuonekaasupäästövähennysten skenaariotyökalu. ALasSken-mallin laskentaperiaatteet. Suomen ympäristökeskus. 26.4.2021. <https://hiilineutraalisuomi.fi/download/noname/%7BD09BA883-5417-4177-B49E-B63D2E49B557%7D/167032>.
- Kivari, M., Voltti, V., Heltimo, J. & Moilanen, P. 2007. Asuinalueen tyypin ja sijainnin vaikutus ihmisten liikkumiseen. Tiehallinnon selvityksiä 28/2007.
- Kärmeniemi, M. 2021. The built environment as a determinant of physical activity: longitudinal associations between neighborhood characteristics, urban planning processes, and physical activity. University of Oulu. Acta Universitatis Oulensis. D1620. Medica. Academic Dissertation.
- Lah, O., Fulton, L. & Arioli, M. 2019. Decarbonization scenarios for transport and the role of urban mobility. In: Sustainable Urban Mobility Pathways. S. 65-80. Elsevier.
- Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. 419/2019. Annettu 29.3.2019.
- Latauskartta.fi-palvelu. 2021. <https://latauskartta.fi/>. Viitattu 30.7.2021.
- Laukkanen, M., & Sahari, A. 2018. Sähköautoilun edistämisen ohjauskeinot. Ilmastopaneelin Policy Brief 2018.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2020. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020–2050. https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/lab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUIS-TIO_20200422120412.pdf. Muistio 22.4.2020.
- Liimatainen, H., Pöllänen, M. & Viri, R. 2018. CO₂ reduction costs and benefits in transport: Socio-technical scenarios. *European Journal of Futures Research* 6 (1): 22.
- Liljamo, T., Liimatainen, H., Pöllänen, M., Tiikkaja, H., Utriainen, R. & Viri, R. 2018. Automaattiautojen vaikutukset liikku mistottumuksiin. Trafín tutkimuksia 1/2018. Liikenteen turvallisuusvirasto.
- Liski, M., Nokso-Koivisto, O., Nurmi, E. & Vehviläinen, I. 2019. AEI-raportti: Kohti hiiletöntä liikennettä - ehdotus mekanismiksi. Taloustieteellinen tarkastelu liikenteen päästövähennyskeinoista. Aalto-yliopiston julkaisusarja. Kauppa + talous 2/2019. Aalto-yliopisto. Kauppakorkeakoulu.
- Lounasheimo, J., Karhinen, S., Grönroos, J., Savolainen, H., Forsberg, T., Munther, J., Petäjä, J. & Pesu, J. 2020. Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005-2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020.
- Luonnonvarakeskus. 2017. Biomassa-atlas-verkkopalvelu. <https://biomassa-atlas.luke.fi/>. Viitattu 8.3.2021.
- Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019. Lantabio-kaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019.
- Lylykangas, K., Lahti, P. & Vainio, T. 2013. Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus. Aalto-yliopiston julkaisusarja-TIEDE + TEKNOLOGIA, 13/2013. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5340-0>.
- Lyng, K. & Brekke, A. 2019. Environmental life cycle assessment of biogas as a fuel for transport compared with alternative fuels. *Energies* 12 (3): 532.
- Maanmittauslaitos. 2021. Suomen pinta-alat kunnittain 1.1.2021. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2021/02/Vuoden_2021_pinta-alatilasto_kunnat_maakunnat.pdf. Viitattu 19.5.2021.
- Macfarlane, G.S., Garrow, L.A. & Mokhtarian, P. L. 2015. The influences of past and present residential locations on vehicle ownership decisions. *Transportation research part A: policy and practice* 74: 186-200.
- Maltha, Y., Kroesen, M., Van Wee, B. & van Daalen, E. 2017. Changing influence of factors explaining household car ownership levels in The Netherlands. *Transportation Research Record* 2666 (1): 103-111.

- Marttinen, S., Luostarinen, S., Winquist, E. & Timonen, K. 2015. Rural biogas: feasibility and role in Finnish energy system. BEST suitable Bioenergy Solutions for Tomorrow. Cleen Oy. Research Report no 1.1.3–4.
- Matas, A., Raymond, J.L. & Roig, J.L. 2009. Car ownership and access to jobs in Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 43 (6): 607-617.
- Mitra, S.K. & Saphores, J.D.M. 2017. Carless in California: Green choice or misery? *Journal of transport geography* 65: 1-12.
- Murphy, M & Menzel, S. 2020. VW nimmt Abschied vom Erdgas. *Handelsblatt*. 2.3.2020. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/volkswagen-vw-nimmt-abschied-vom-erdgas/25593434.html?ticket=ST-2003880-05rcl0TbfQgsg5QhLSI-cas01.example.org>. Viitattu 19.5.2021
- Mäkelä, K. 2015. Päästöt uudesta LIPASTO:sta. Tietoa tietokannoista. Ilmansuojelupäivät 2015. https://ilmansuojeluyhdisty.files.wordpress.com/2015/05/b2_mc3a4kelc3a4_lipasto-esitys-ilmansuojelupc3a4ivc3a4t-2015.pdf.
- NGVA Natural & Bio Gas Vehicle Association. 2019. Vehicle catalogue 2019. https://www.ngva.eu/wp-content/uploads/2019/09/NGVAEurope_VehicleCatalogue_Sep2019.pdf.
- Nylund, N., Tamminen, S., Sipilä, K., Laurikko, J., Sipilä, E., Mäkelä, K., Hannula, I. & Honkatukia, J. 2016. How to reach 40% reduction in carbon dioxide emissions from road transport by 2030: Propulsion options and their impacts on the economy. Appendix 9 to VTT Research Report VTT-R-00752-15. VTT.
- Pavan, G. 2017. Green car adoption and the supply of alternative fuels. TSE Working Paper N. 17-875. December 2017. Toulouse School of Economics.
- Peltomaa, J. & Tuominen, A. 2020. Community Initiated Hybrid Car-Sharing in Urban and Peri-urban Areas. In: *Towards User-Centric Transport in Europe 2*: 79-88.
- Pihlatie, M., Paakkinen, M., Laurikko, J., Laurikkala, M., Ylén, P., Peltola, V. & Pylsy, P. 2019. Sähkö- ja kaasuautojen kustannustehokkaat edistämiskeinot - GASELLI loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 3/2019.
- Pohjois-Pohjanmaan liitto. 2021. Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2021-2030. <https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2021/02/Pohjois-Pohjanmaan-ilmastotiekartta-2021-2030.pdf>. Viitattu 25.4.2021.
- Rautio, E. 2018. Biokaasua tankkiin – selvitys maatalouden liikennebiokaasun tuotannosta ja jakelusta. 23.4.2018. <https://mmm.fi/documents/1410837/5810863/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta/97ecbe1d-322d-4e4a-973f-81e38d540945/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta.pdf>.
- Rietmann, N. & Lieven, T. 2019. How policy measures succeeded to promote electric mobility. Worldwide review and outlook. *Journal of cleaner production* 206: 66-75.
- Riihimäki, M., Mahal, K., Suoniemi, J., Nurmio, J., Sirkiä, S., Marttinen, S., Pyykönen, V. & Winquist, E. 2014. Biokaasulasuri.fi. Biokaasulasurin käyttöohje. Ukipolis Oy. MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- Ristimäki, M., Kalenoja, H. & Tiitu, M. 2011. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet. Vyöhykkeiden kriteerit, alueprofiilit ja liikumistottumukset. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja No. 15. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78125/Julkaisuja_15-2011.pdf.
- Seppälä, J., Savolainen, H., Sironen, S., Soimakallio, S. & Ollikainen, M. 2019a. Päästövähennyspolku kohti hiilineutraalia suomea-hahmotelma. Suomen Ilmastopaneeli. Raportti 7/2019. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/10/Suomen-p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6v%C3%A4hennyspolku_final.pdf.
- Seppälä, J., Munther, J., Viri, R., Liimatainen, H., Weaver, S. & Ollikainen, M. 2019b. Autolaskurin käyttöopas ja laskennan perusteet. Raportti 11/2019. Suomen ilmastopaneeli. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/12/Ilmastopaneeli_autolaskuri_k%C3%A4ytt%C3%B6opas-ja-laskennan-perusteet_FINAL.pdf.
- Seya, H., Nakamichi, K. & Yamagata, Y. 2016. The residential parking rent price elasticity of car ownership in Japan. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 85: 123-134.
- SFS. 2021. Mitä standardi tarkoittaa? <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>. Viitattu 30.7.2021.
- Sottile, E., Sanjust di Teulada, B., Meloni, I. & Cherchi, E. 2019. Estimation and validation of hybrid choice models to identify the role of perception in the choice to cycle. *International journal of sustainable transportation* 13(8): 543-552.
- Springel, K. 2016. Network externality and subsidy structure in two-sided markets: Evidence from electric vehicle incentives. *Job Market Paper*.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021a. Energian hankinta ja kulutus [verkkojulkaisu]. Tilastokeskus. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/ehk/tau.html>. Viitattu 30.7.2021.

- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021b. Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2018. Tilastokeskus. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_kat_001_fi.html. Viitattu 14.5.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021c. Kuntien avainluvut 1987-2020. Tilastokeskus. Saantitapa: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Kuntien_avainluvut/Kuntien_avainluvut_2021/kuntien_avainluvut_2021_aika-sarja.px/?rxid=444223df-f91c-4479-891f-5dcd50b983d2. Viitattu 19.5.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) 2021d. Tietilasto [verkkójulkaisu]. ISSN=2670-336X. 2020. Helsinki: Tilastokeskus. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/tiet/2020/tiet_2020_2021-04-15_tie_001_fi.html. Viitattu 20.7.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2021e. Tulonjakotilasto [verkkójulkaisu]. Tilastokeskus. Saantitapa: <https://www.stat.fi/til/tjt/index.html>. Viitattu 19.5.2021.
- Suomen ympäristökeskus. 2018. Kaupunki-maaseutuluokitus. Kartat ja tilastot. Luokitus yleistettynä kuntatasolle 2018. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Tietoa_yhdyskuntarakenteesta/Kaupunkimaaseutu_luokitus/Kartat_ja_tilastot. Viitattu 18.5.2021.
- Suomen ympäristökeskus. 2021a. Kuntien ja alueiden khk-päästöt. <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>. Viitattu 3.6.2021.
- Suomen ympäristökeskus. 2021b. Kuntien khk-päästöjen skenaariotyökalu. <https://skenaario.hiilineutraalisuomi.fi/>. Viitattu 11.6.2021.
- Särkijärvi, J., Jääskeläinen, S., & Lohko-Soner, K. 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2018.
- Thaler, R.H. & Sunstein, C.R. 2009. Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Yale University Press, New Haven, CT, US.
- Traficom. 2021a. Ajoneuvojen avoin data. 5.14. Saatavilla <https://www.traficom.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/avoin-data>.
- Traficom. 2021b. Ajoneuvoveron rakenne ja määrä. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoveron-rakenne-ja-maara?toggle=Perusvero%20kokonaisuus%20mukaan&toggle=Perusvero%20CO2-p%3%A4%3%A4st%3%B6tiedon%20mukaan%2031.12.2019%20asti%20NEDC-mittaustavalla.%09%09%09>. Viitattu 29.7.2021.
- Traficom. 2021c. Ensirekisteröityjen autojen päästötilastot. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ensirekisteröityjen-ajoneuvojen-paastotilastot?toggle=Ensirekister%3%B6ityjen%20henkil%3%B6autojen%20CO2-p%3%A4%3%A4st%3%B6jen%20vuositilastot&toggle=Ensirekister%3%B6ityjen%20henkil%3%B6autojen%20CO2-p%3%A4%3%A4st%3%B6jen%20kuukausitilastot%20kuluvalta%20vuodelta>. Päivitetty 1.7.2021. Viitattu 29.7.2021.
- Traficom. 2021d. Romutuspalkkiolla tukea uuden vähäpäästöisen henkilöauton, sähköpyörän tai joukkoliikenneliikkeen hankkimiseen. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/romutuspalkkiolla-tukea-uuden-vahapaastoisen-henkiloauton-sahkopyoran-tai>. Päivitetty 29.4.2021. Viitattu 29.7.2021.
- Turunen, M. (toim.). 2019. Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa 2018. Liikunnan ja kansanterveyden edistämissäätiö LIKES. Kunnossa kaiken ikää (KKI) -ohjelma. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 349. https://www.likes.fi/wp-content/uploads/2020/03/2859-POSK_2018_KEVYT.pdf.
- Useche, S.A., Montoro, L., Sanmartin, J. & Alonso, F. 2019. Healthy but risky: A descriptive study on cyclists' encouraging and discouraging factors for using bicycles, habits and safety outcomes. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour 62: 587-598.
- Uusitalo, V. 2014. Potential for Greenhouse Gas Emission Reductions by Using Biomethane as a Road Transportation Fuel. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 593.
- Valtioneuvoston asetus 498/2018 sähköisen liikenteen ja biokaasun liikennekäytön infrastruktuurituesta vuosina 2018–2021. Annettu 27.6.2018.
- Van Acker, V., Mokhtarian, P.L. & Witlox, F. 2014. Car availability explained by the structural relationships between lifestyles, residential location, and underlying residential and travel attitudes. Transport Policy 35: 88-99. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.05.006>.
- Winslott-Hiseliuss, L. & Svensson, Å. 2017. E-bike use in sweden – CO₂ effects due to modal change and municipal promotion strategies. Journal of Cleaner Production 141: 818-824.
- VTT. 2021a. LIPASTO – Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>. Viitattu 18.6.2021.
- VTT. 2021b. LIISA-tieliikenne. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/>. Viitattu 18.6.2021.

- Wynes, S., Nicholas, K.A., Zhao, J. & Donner, S.D. 2018. Measuring what works: Quantifying greenhouse gas emission reductions of behavioural interventions to reduce driving, meat consumption, and household energy use. *Environmental Research Letters* 13 (11): 113002.
- Väylävirasto. 2019. Hattulan kyläteiden pyöräväläkokeilut ottavat mallia Hollannista. <https://vayla.fi/-/hattulan-kylateiden-pyoravaylakokeilut-ottavat-mallia-hollannista>. Julkaistu 18.9.2019. Viitattu 17.5.2021.
- Yin, C., & Sun, B. 2018. Disentangling the effects of the built environment on car ownership: A multi-level analysis of Chinese cities. *Cities* 74: 188-195.
- Ympäristöministeriö. 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikan suunnitelmasta vuoteen 2030. Kohti ilmastoviisasta arkea Ympäristöministeriön raporteja 21/2017.
- Ympäristöministeriö. 2021a. Euroopan unionin ilmastopoliittikka. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopoliittikka>. Viitattu 14.5.2021.
- Ympäristöministeriö. 2021b. Suomen kansallinen ilmastopoliittikka. <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopoliittikka>. Viitattu 14.5.2021.



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

ISBN 978-952-11-5455-3 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkköj.)