

Liikenteen palveluistumisen vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:25

Liikenteen palveluistumisen vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin

Sihvola Teemu, Moilanen Paavo, Blomqvist Petri, Liimatainen Heikki,
Kujala Rainer

Liikenne- ja viestintäministeriö Helsinki 2021

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Liikenne- ja viestintäministeriö

© 2021 tekijät ja liikenne- ja viestintäministeriö

ISBN pdf: 978-952-243-674-0

ISSN pdf: 1795-4045

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

Liikenteen palveluistumisen vaikutukset liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2021:25

Julkaisija	Liikenne- ja viestintäministeriö		
Tekijä/t	Sihvola, Teemu; Moilanen, Paavo; Blomqvist, Petri; Liimatainen, Heikki; Kujala, Rainer		
Kieli	suomi	Sivumäärä	83

Tiivistelmä

Työn tavoitteena on ollut selvittää liikenteen palveluistumisen potentiaali liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä osana fossiilittoman liikenteen tiekartan toista vaihetta. Työssä on muodostettu skenaarioita siitä, kuinka liikenteen palveluistumisen eri muodot otetaan käyttöön eri alueilla ja kuinka ne vaikuttavat palveluiden tarjontaan ja sitä kautta palveluiden hintaan ja palvelutasoon ja edelleen autonomistukseen. Työn päätutkimusmenetelmänä skenaarioita on tarkasteltu Liikenne- ja viestintäviraston koko Suomen kattavalla maankäytön ja liikkumisen mallijärjestelmällä huomioiden sen, että liikenteen palveluistuminen sisältää uudenlaisia käyttäytymismalleja, joita nykyiset liikennemallit eivät sellaisenaan pysty täysin kuvaamaan. Työssä tehtyjen mallinnusten mukaan liikenteen oletettu palveluistuminen vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 80 000 tonnia vuonna 2030. Mikäli liikkumispalveluissa käytettävät ajoneuvot sähköistyvät yksityisautoilua nopeammin, on mallinnusten perusteella mahdollista vähentää liikenteen palveluistumisella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä 260 000–300 000 tonnia jo vuonna 2030. Vuonna 2045 liikenteen palveluistuminen on tehostunut erityisesti autonomisen liikenteen myötä, jolloin liikenteen palveluistuminen vähentää tehtyjen mallinnusten perusteella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä noin 580 000 tonnia.

Asiasanat liikenne, kasvihuonekaasut, henkilöautot, liikennepalvelut, fossiilittoman liikenteen tiekartta, ilmastonmuutos

ISBN PDF	978-952-243-674-0	ISSN PDF	1795-4045
Asianumero	VN/3500/2021	Hankenumero	LVM050:00/2019

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-674-0>

Effekterna av tjänstefieringen inom trafik och transport på växthusgasutsläppen från området

Kommunikationsministeriets publikationer 2021:25

Utgivare	Kommunikationsministeriet		
Författare	Sihvola, Teemu; Moilanen, Paavo; Blomqvist, Petri; Liimatainen, Heikki; Kujala, Rainer		
Språk	finska	Sidantal	83

Referat

Målet med arbetet har varit att utreda potentialen för tjänstefiering inom trafik och transporter när det gäller att minska växthusgasutsläppen inom området som en del av fas två i färdplanen för fossilfria transporter. I arbetet har det utarbetats scenarier för hur olika former av tjänstefiering inom trafik och transport tas i bruk i olika regioner och hur de påverkar tjänsteutbudet och därigenom tjänsternas pris och servicenivån och vidare bilägandet. Scenarierna har som huvudundersökningsmetod granskats med hjälp av Transport- och kommunikationsverkets modellsystem för markanvändning och mobilitet. Systemet täcker hela Finland och beaktar att tjänstefieringen inom trafik och transport inbegriper nya slags beteendemodeller som de nuvarande trafikmodellerna inte i sig helt kan beskriva. Enligt de modelleringar som tagits fram i arbetet kan den förväntade tjänstefieringen inom trafik- och transportsektorn minska sektorns växthusgasutsläpp med ca 80 000 ton år 2030. Om de fordon som används inom mobilitetstjänsterna elektrifieras snabbare än privatbilismen, är det utifrån modellerna möjligt att genom trafik- och transporttjänstefiering minska de årliga växthusgasutsläppen med 260 000–300 000 ton redan 2030. År 2045 kommer tjänstefieringen inom trafik- och transportsektorn att ha effektiviserats i synnerhet i och med automatiseringen av trafiken, varvid tjänstefieringen, på basis av modelleringen, kommer att minska de årliga växthusgasutsläppen med cirka 580 000 ton.

Nyckelord	Färdplan för fossilfria transporter, klimatförändring, transport, växthusgaser, personbilar, trafiktjänster		
ISBN PDF	978-952-243-674-0	ISSN PDF	1795-4045
Ärendenummer	VN/3500/2021	Projektnummer	LVM050:00/2019
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-674-0		

Provision of broader and more diverse transport services - Effects on transport-related greenhouse gas emissions

Publications of the Ministry of Transport and Communications 2021:25

Publisher	Ministry of Transport and Communications		
Author(s)	Sihvola, Teemu; Moilanen, Paavo; Blomqvist, Petri; Liimatainen, Heikki; Kujala, Rainer		
Language	Finnish	Pages	83

Abstract

The aim of the study was, as a part of the second phase of the Roadmap for Fossil-Free Transport, to find out whether broader and more diverse transport services could have an effect on reducing transport-related greenhouse gas emissions. Scenarios were drawn up on how to take the different forms of broader and more diverse services into use in different areas and how they would affect the service provision and, consequently, the price and level of the services as well as car ownership. The main method used in the study was a review of the scenarios with the model system developed by the Transport and Communications Agency. The system covers whole of Finland. Attention was also paid to the fact that the provision of broader and more diverse transport services entails new forms of behaviour that the current transport models are unable to accurately describe. According to the modelling used, the predicted provision of broader and more diverse transport services will decrease greenhouse gas emissions from transport by around 80,000 tonnes by 2030. If the percentage of electronic vehicles used in mobility services increases faster than private motoring, it would be possible to decrease the annual greenhouse gas emissions by means of broader and more diverse transport services by 260,000–300,000 tonnes by 2030. In 2045, autonomous transport will have made the provision of transport services even broader and more diverse decreasing the annual greenhouse gas emissions by around 580,000 tonnes.

Keywords Roadmap for Fossil-Free Transport, climate change, transport, traffic, greenhouse gas emissions, passenger cars, transport services

ISBN PDF	978-952-243-674-0	ISSN PDF	1795-4045
Reference number	VN/3500/2021	Project number	LVM050:00/2019

URN address <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-674-0>

Sisältö

Lukijalle	7
Sanasto	8
1 Johdanto	10
1.1 Työn tausta	10
1.2 Työn tavoitteet.....	11
2 Tutkimusmenetelmä	13
2.1 Yhteenvedo tutkimusmenetelmästä	13
2.2 Liikenteen palveluistumisen luokittelu	14
2.3 Taustatutkimus	15
2.4 Skenaariomuodostus	16
2.5 Liikennemallitarkastelu	17
2.6 Autokanta ja sen jakautuminen eri käyttövoimiin	21
3 Liikenteen palveluistuminen	23
3.1 Vaikutukset autonomistukseen.....	23
3.2 Vaikutukset liikkumiskäyttämiseen.....	28
3.3 Liikenteen palveluistuminen Suomessa.....	36
3.4 Uusien liikkumispalveluiden keskikuormitus	38
3.5 Liikennepalveluiden käyttövoima ja päästövaikutukset	41
4 Liikenteen palveluistumisen skenaariot	44
4.1 Skenaarioiden lähtökohdat.....	44
4.2 Skenaario 1: Oletettu palveluistuminen.....	44
4.3 Skenaario 2: Oletettua vähäisempi palveluistuminen	51
4.4 Skenaario 3: Oletettua merkittävämpi palveluistuminen	51
5 Liikennemallitarkastelu	52
5.1 Liikennemallin nykytila.....	52
5.2 Skenaarioiden kuvaaminen liikennemalliin	53
5.3 Mallinnuksen tulokset	58
5.4 Liikenteen mallinnuksen kehitystarpeet	65
6 Toimenpideanalyysi	67
6.1 Päätettyjä toimenpiteitä	67
6.2 Palveluistumista tukevia lisätoimenpiteitä	70

7	Johtopäätökset ja suositukset	74
7.1	Johtopäätökset.....	74
7.2	Suositukset.....	75
7.3	Vastaukset tutkimuskysymyksiin.....	76
	Lähteet	79

LUKIJALLE

Valtioneuvosto teki 6.5.2021 periaatepäätöksen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä eli niin kutsutusta fossiilittoman liikenteen tiekartasta. Tiekartta pitää sisällään kolme eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa hallitus panee toimeen erilaisia tukia ja kannustimia, joilla edistetään liikenteen päästöttömyyttä. Toisessa vaiheessa keinovalikoimaan lisätään nippu keinoja, joiden vaikutuksista päästöihin tarvitaan vielä lisää tietoa ennen päätöksentekoa. Näitä keinoja ovat muun muassa liikenteen digitaaliset ratkaisut ja liikenteen palveluiden edistäminen. Kolmannessa vaiheessa hallitus arvioi ja päättää mahdollisesta taloudelliseen ohjaukseen liittyvien lisätoimien tarpeesta liikennettä koskien.

Tämän selvityksen tarkoituksena on ollut selvittää, kuinka suuria päästövähennyksiä liikenteen palveluistumista edistämällä on mahdollista saavuttaa ja mitä toimenpiteitä tämä edellyttäisi valtiolta. Selvitys toteutettiin kevään ja kesän 2021 aikana liikenne- ja viestintäministeriön tilauksesta. Työtä johti Ramboll Finland Oy, jossa työstä vastasivat Teemu Sihvola, Petri Blomqvist, Paavo Moilanen ja Rainer Kujala, ja Tampereen yliopiston Liikenteen tutkimuskeskus Vernestä Heikki Liimatainen. Selvityksen ohjausryhmään kuuluivat liikenne- ja viestintäministeriöstä Tuire Valkonen, Niko-Matti Ronikonmäki, Saara Jääskeläinen, Tiia Orjasniemi ja Helinä Teittinen sekä valtiovarainministeriöstä Tuomas Laiho.

Tämä selvitys ei edusta liikenne- ja viestintäministeriön virallista näkemystä, vaan on konsulttiryhmän kirjallisuuskatsauksen ja liikennemallinnuksen perusteella laatima synteesi. Ministeriö kiittää lämpimästi selvityksen tekijöitä ja henkilöitä, joita haastateltiin selvitystä varten. Selvitystä tullaan lukemaan tarkasti valmisteltaessa liikenteen päästövähennystoimenpiteiden kokonaisuutta. Liikenteen palveluistuminen on avainroolissa etenkin osana oikeudenmukaista siirtymää, jossa päästövähennystoimia toteutetaan huomioimalla sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys. Se ansaitsee siten paikkansa fossiilittoman liikenteen tiekartan keinovalikoimassa.

Helsingissä, syyskuussa 2021

Emil Asp
Yksikön johtaja
Markkinayksikkö, palveluosasto
Liikenne- ja viestintäministeriö

Sanasto

Vuokraus- ja yhteiskäyttöpalvelut perustuvat kulkuvälineen yhteiskäyttöön, jossa matkustajalle tarjotaan lyhytaikainen käyttömahdollisuus tarpeen mukaan.

Autonvuokraus ja yhteiskäyttöautot sisältää sekä perinteisen autonvuokraustoiminnan että yhteiskäyttöautot, joka on autonvuokrauksen erityismuoto, jossa minimivuokrausaika on lyhyt (alle vuorokauden mittainen). Yhteiskäyttöautoille on lisäksi ominaista, että autot ovat hajasijoitettuna toiminta-alueella ja ne otetaan käyttöön itsepalveluna. Yhteiskäyttöautot voidaan jakaa neljään eri luokkaan (mm. Liikennevirasto 2018d ja Shaheen et al. 2020) sen mukaan pitääkö auto palauttaa takaisin noutopisteeseen (round trip) vai mahdollistetaanko muualle palauttaminen (free-floating ja point-to-point), tai onko vuokraus ihmisten välistä vertaisvuokraamista (Peer 2 Peer) vai ihmisen ja liiketoimen välistä.

Yhteiskäyttöiset polkupyörät sisältää yhteiskäyttöiset polkupyörät, jotka voivat olla joko normaaleja polkupyöriä tai sähköavusteisia polkupyöriä. Polkupyöränjakopalvelut harvemmin toimivat siten, että pyörä on palautettava takaisin noutopisteeseen, mutta esimerkiksi yritysten työntekijöilleen tarjoamissa yhteiskäyttöisissä pyörissä näin saattaa olla. Yleisemmin pyöränjakopalveluissa pyörän voi palauttaa minne tahansa palvelualueella ja palvelumalli perustuu joko asemiin (station-based) tai on täysin vapaata (free-floating, dockless).

Yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat (skuutit) toimivat vastaavasti kuin yhteiskäyttöiset polkupyörät, mutta polkupyörien sijaan yhteiskäyttöisenä kulkuvälineenä ovat sähköpotkulaudat. Palvelumalli on yleensä vapaa (free-floating).

Joukkoliikenteellä tarkoitetaan yleisesti suurten ihmismäärien kuljettamista siihen erityisesti suunnitelluilla liikennevälineillä. **Perinteisellä joukkoliikenteellä** tarkoitetaan kaikille avointa reitti- ja aikataulusidonnaista linja-auto- tai raideliikennettä, tilausliikennettä ja palveluliikennettä. **Kutsuliikenne** on yleistermi tilaukseen perustuville liikennepalveluille, joille on ominaista useiden matkojen yhdistely samaan kuljetukseen. Kutsuliikenteeseen sisältyy myös markkinaehtoiset liikennepalvelut, joita kutsutaan kirjallisuudessa englanninkielisillä termeillä ridesharing tai ridepooling.

Taksi sisältää sekä perinteisen taksiliikenteen että taksimaisen liikenteen (englanniksi ride-hailing tai ride-sourcing), jossa samaan ajoneuvoon ei ole tarkoitus yhdistää samanaikaisesti useampia matkatilauksia.

Kimppakyydit (ridesharing) ovat yhteismatkustusta yksityisomisteisilla henkilöautoilla.

MaaS (Liikenne palveluna, Mobility as a Service) viittaa yksittäisenä palvelumuotona eri palveluntarjoajien liikkumispalveluista koottuihin palvelukokonaisuuksiin, joita käyttäjä hallitsee puhelimen tai jonkin muun kannettavan laitteen sovelluksen kautta. MaaS-palveluille keskeistä ovat multimodaalit matkakaketjut, eli useita eri kulkumuotoja yhdistelevät palvelukokonaisuudet. MaaS-palvelun tarjoaja ei välttämättä omista omaa kalustoa, vaan pyrkii luomaan lisäarvoa asiakkaalle yhdistelemällä ja välittämällä eri palveluntarjoajien kyytejä digitaalisen alustapalvelun kautta. MaaS-palveluita voidaan tarjota matkustajille ”Pay-as-you-Go”-mallilla, jossa valitut liikkumispalvelut maksetaan erikseen käytön mukaan. Syvempi MaaS:n integraatiotaso on tarjota MaaS-paketteja, joissa jotkut liikkumispalvelut, elleivät kaikki, sisältyvät pakettiin joko rajoittamattomasti tai rajoitetusti esimerkiksi tehtyjen matkojen määrän tai matkan pituuden mukaan. Liikennepalveluin käsitteistössä MaaS-palvelu kuuluu yhdistämispalveluihin. Vaikka MaaSilla tai liikenteellä palveluna voidaan tarkoittaa myös yleistä ajattelutapaa siitä, että liikennejärjestelmässä erilaisten liikenteen palveluiden käyttö lisääntyy ja yleistyy, tässä työssä MaaS-palvelumuodoista käytetään selkeyden vuoksi lyhennettä MaaS.

Matkaketju: Ovelta-ovelle-matkoja, jotka koostuvat eri kulkumuodoilla tehtävistä osamatkoista. Matkaketjun kokonaismatka-ajan ja rasittavuuden kannalta olennaisia asioita ovat eri osamatkojen aikataulujen yhteensovittaminen sekä odotus- ja siirtymisajat.

Autonominen liikenne jaetaan yleisesti eri tasoihin sen mukaan, kuinka paljon ajamisen tehtävistä ja vastuista on siirretty ajoneuvon kuljettajalta järjestelmälle. Liikenteen palveluistumisen kannalta merkittävin vaikuttavuus saavutetaan automaation tasolla, jossa palvelu voidaan toteuttaa ilman kuljettajaa. Tämän takia tässä työssä autonomisella liikenteellä tarkoitetaan joko korkeaa automaatiota (Taso 4), joka mahdollistaa palveluita rajatuissa liikenneympäristössä kuten kiinteäreittisillä syöttöyhteyksillä, tai täyttä automaatiota (Taso 5), jolloin nykyisenkaltaisia liikennepalveluita voidaan tarjota täysin ilman kuljettajaa tai mahdollistuu täysin uudenlaisten liikennepalveluiden tarjoaminen.

Liikenteen palveluistuminen: Liikenteen palveluistumisella tarkoitetaan liikenteen palvelujen tarjonnan ja kysynnän kasvua, jonka mahdollistaa erityisesti asiakaslähtöisyys, digitaalisten alustojen merkitys, uudet liikennepalvelut, kutsuohjautuvuus sekä olemassa olevan kulkuneuvokapasiteetin tehokkaampi jakaminen ja yhteiskäyttö. Uusilla liikenteen palveluilla tarkoitetaan tässä selvityksessä kaikkia liikennejärjestelmän liikkumispalveluja, jotka perustuvat kiinteästi digitalisaation mukanaan tuomiin mahdollisuuksiin. Esimerkkejä tästä ovat muun muassa digitaaliset alustat, jotka ovat mahdollistaneet kyydin jakamisen ja tilaamisen alustan kautta (esim. Uber ja Lyft) sekä niin kutsuttuun mikroliikenteeseen perustuvat kevyen liikenteen palvelut (esim. yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat ja kaupunkipyörät).

Valtakunnallinen malli: Liikenne- ja viestintävirasto Traficom in koko Suomen kattavan maankäytön ja liikkumisen mallijärjestelmä (Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli).

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Valtioneuvosto teki 6. toukokuuta 2021 periaatepäätöksen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä eli fossiilittoman liikenteen tiekartasta (LVM 2021). Kolmivaiheisen suunnitelman tavoitteena on puolittaa liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä. Fossiilittoman liikenteen tiekartta tunnistaa liikenteen palveluistumisen yhdeksi mahdollisuudeksi liikenteen kasvihuonekaasujen vähentämisessä. Tämä selvitys on osa tiekartan toista vaihetta, jossa arvioidaan palveluistumisen ohella esimerkiksi etätöiden vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Toisen vaiheen tuloksia hyödynnetään päätettäessä tiekartan kolmannen vaiheen toimenpiteistä. Liikenteen palveluistuminen sisältää uudet ja kehittyvät liikkumispalvelut, jotka perustuvat kiinteästi digitalisaation mukanaan tuomiin mahdollisuuksiin. Palveluistumisessa korostuvat asiakaslähtöisyys, digitaaliset alustat, liikenne palveluna (Mobility as a Service, MaaS), kysyntäohjautuvuus, sekä kuljetuskapasiteetin tehokas jakaminen ja yhteiskäyttö.

Liikenteen palveluistumisen potentiaali liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä pohjautuu suurelta osin siihen, että yksityisautoilu on tehoton tapa toteuttaa ihmisten liikkumistarpeet niin infrastruktuurin käytön kuin ajoneuvotehokkuuden näkökulmista. Siirryttäessä yksityisautoista liikkumispalveluiden käyttöön on mahdollisuus vähentää henkilöautolla ajettujen kilometrien määrää ja sitä kautta liikenteen päästöjä, erityisesti jaettuja palveluita ja resursseja suosittaessa. Uudet liikkumispalvelut voivat toimia joukkoliikennettä täydentävänä syöttöliikenteenä ja parantaa siten joukkoliikenteen saavutettavuutta ja houkuttelevuutta. Jos liikennepalvelut toteutetaan tehottomasti, esimerkiksi ohjaamalla käyttäjiä yksittäiskuljetuksiin matkojen yhdistelyn sijaan, voi liikennepalveluiden käytön vaikutus kaupunkialueiden ruuhkiin kuitenkin olla negatiivinen ja kulkumuotosiirtymä tapahtua tavoitellun henkilöauton sijaan joukkoliikenteestä (ITF 2019).

Liikenteen palveluistumisen odotetaan vähentävän sekä autonomistusta että henkilöauton käyttöä (Liljamo et al. 2021, Kamargianni et al. 2018), mutta olemassa oleva tutkimustieto perustuu lähinnä kyselytutkimuksiin ja oletuksiin, minkä vuoksi liikenteen päästöjen vähentämisen näkökulmasta positiiviseksi osoitettu tutkimustulos ei välttämättä vastaa reaalia maailman kehitystä (Liljamo et al. 2021). Liikenteen palveluistumisen vaikuttavuuden arviointia vaikeuttaa se, että uudet liiketoimintamallit ovat monin osin vielä kehitysvaiheessa ja uusien palveluiden käyttö on vielä suhteellisen vähäistä (Liikennevirasto 2016). Liikenteen automatisaatiolla on merkittävä palveluistumista ja sitä kautta päästövähennystavoitteiden saavuttamista edistävä vaikutus, jos sen avulla voidaan parantaa esimerkiksi

joukkoliikenteen kilpailukykyä ja houkuttelevuutta ja tarjota yksityisautoilulle vaihtoehtoisia korkealuokkaisia kysyntäohjautuvia liikennepalveluita. Haasteena on kuitenkin se, että merkittävistä investoinneista huolimatta on epävarmaa, milloin liikennepalveluita on mahdollista toteuttaa laajalla skaalalla tukeutuen kuljettajattomiin ajoneuvoihin.

Julkisessa keskustelussa painottuu liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentäminen ajoneuvo- ja polttoainetekniikan keinoin. Liikenteen kasvihuonepäästöt muodostuvat kuitenkin vaikuttavien tekijöiden ketjussa, jonka tekijät liittyvät liikkumis- ja kuljetustarpeeseen, liikkumisen käyttäytymismalleihin ja liikkumisen teknologioihin (Liimatainen et al. 2015). Tekijöihin voidaan vaikuttaa kannustavilla, ohjaavilla ja rajoittavilla toimenpiteillä (HSL 2018). Käyttäjiä voidaan ohjata liikennepalveluiden käyttöön pakon (esim. yksityisautoilun alueellinen kieltäminen) ja sakon (esim. ruuhkamaksut ja verotukselliset keinot) avulla. Lisäksi digitalisaation avulla on mahdollista kehittää liikennepalveluista niin tehokkaita ja korkealuokkaisia, että ne muodostavat yksityisautolle kilpailukykyisen vaihtoehdon kustannuksia ja palvelutasoa vertailtaessa (Sihvola et al. 2012).

Liikennepalveluiden teknologiat kytkeytyvät päästöjen vähentämisen näkökulmasta energiatehokkuuteen, johon vaikuttavat ensisijaisesti palvelun ajoneuvotehokkuus sekä palvelua tuottavien ajoneuvojen käyttövoima. Todennäköisesti päästövaikutuksiltaan merkittävintä ja monimutkaisinta asiaa on liikkumisen käyttäytymismallit sekä liikenteen hinnoittelu ja palvelutaso, jotka vaikuttavat niin palveluiden käyttöönottoon (palvelupenetraatio) ja sitä kautta joko autosta luopumiseen, muutoksiin liikkumiskäyttäytymisessä tai molempiin.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on selvittää liikenteen palveluistumisen potentiaali liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Työn tärkeimpänä tavoitteena on määrittää liikenteen palveluistumisen päästövähennyspotentiaali (CO₂-tonneina) vuoteen 2030 ja 2045 mennessä. Työlle on määritelty seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Miten liikenteen palveluistuminen vaikuttaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin?
 - a. Millainen merkitys liikenteen palveluistumisella on liikenteen päästökehitykseen, ottaen huomioon alueelliset erot (suuret kaupungit/keskisuuret/harvaan asuttu alue)?
 - b. Miten liikenteen palveluistuminen ja uusien palvelujen yleistymisen vaikuttavat liikkumistarpeeseen (suorite), matkojen suuntautumiseen, kulkutapaosuuksiin ja -jakaumaan sekä kokonaismatkamäärään? Miten

liikenteen palveluistuminen vaikuttaa kuluttajakäyttäytymiseen (omistamisesta palveluiden käyttöön)?

- c. Mikä on liikenteen palveluistumisen päästövähennyspotentiaali (CO₂-tonneina)?
 - d. Miten uusien liikkumispalvelujen yleistymisen aikaansaama muutos liikkumisessa tulisi huomioida liikenne-ennusteen päivittämisessä ja liikenteen mallinnuksen kehittämisessä?
2. Millaisilla toimenpiteillä valtio voi edistää liikenteen palveluistumista huomioiden liikenteen päästövähennystavoitteet 2030 ja 2045?
- a. Mitkä ovat olemassa olevien selvitysten perusteella keskeiset keinot, joilla valtio voi edistää liikenteen palveluistumista liikenteen päästövähennystavoitteita edistäen (huomioiden yksityisten ja julkisten toimijoiden rooli markkinoilla)?
 - b. Miten liikenteen palveluistumisen edistämiskeinojen mahdolliset päästövähennykset suhteutuvat liikenteelle asetettuihin päästötavoitteisiin?

Tämän työn rinnalla, myös osana Fossiilittoman liikenteen tiekarttaa, on ollut käynnissä työ, jonka tavoitteena on selvittää etätöiden potentiaali liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Työt on tehty toisista riippumattomina eikä liikenteen palveluistumista ja etätöskentelyä ole tutkittu yhdistettyinä ilmiöinä. Näin ollen tässä työssä ei ole huomioitu etätöiden vaikutuksia aluerakenteeseen tai liikenteen ajosuoritteisiin.

2 Tutkimusmenetelmä

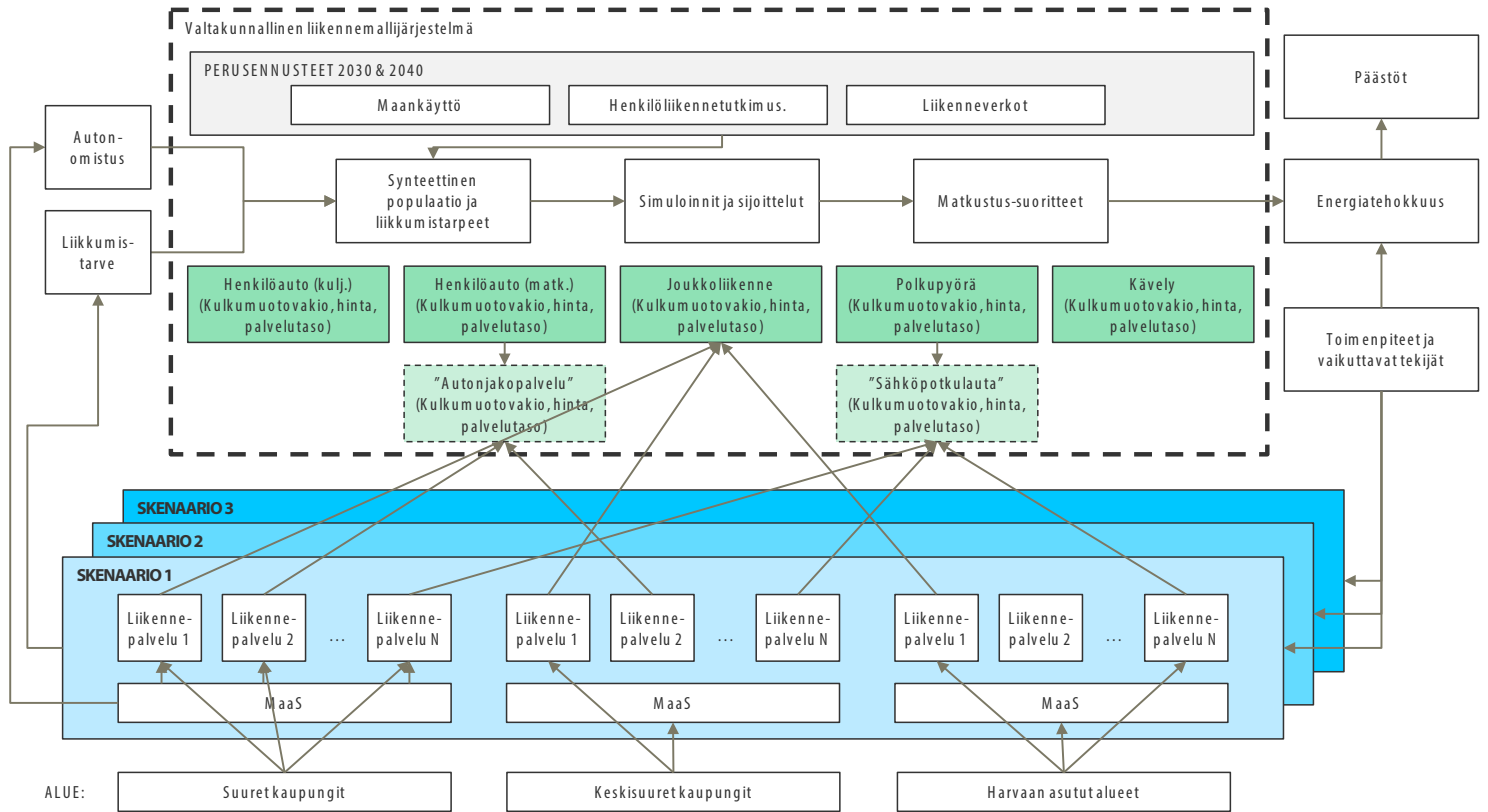
2.1 Yhteenveto tutkimusmenetelmästä

Fossiilittoman liikenteen tiekartan kannalta olennaista on systeemitason tarkastelu, jossa liikenteen palveluistumisen vaikutuksia tarkastellaan kokonaisvaltaisesti liikennejärjestelmän ja sen kehittämisen kannalta. Toisaalta liikenteen palveluistuminen kytkeytyy vahvasti liikkumiskäyttäytymiseen, jolloin on tärkeää huomioida yksilöiden ja liikkujasegmenttien erityistarpeet. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom (jatkossa "Traficom") koko Suomen kattava maankäytön ja liikkumisen mallijärjestelmä (jatkossa "Valtakunnallinen malli") mahdollistaa kokonaisvaltaisen liikennejärjestelmätasoisien tarkastelun, mutta yksilötason liikkumisvalintoihin perustuvana liikennemallina mahdollistaa myös demografiatason sisältävät vaikutustarkastelut (Moilanen et al. 2011, Moilanen Salomaa ja Niinikoski 2014, Moilanen ja Niinikoski 2017, Liikennevirasto 2018b). Näin ollen työn päätutkimusmenetelmänä on käytetty liikennemallinnusta (kts. Luku 2.5) huomioiden sen, että liikenteen palveluistuminen sisältää uudenlaisia käyttäytymismalleja, joita nykyiset liikennemallit eivät sellaisenaan pysty täysin kuvaamaan (kts. Luku 5.4).

Tämän työn tarkastelujen ymmärrettävyyden parantamiseksi selvityksen aluksi liikenteen palveluistuminen ja sen osatekijät on luokiteltu (Luku 2.2) ja siihen liittyvät termit määritetty selvityksen "Sanasto"-osuuteen.

Liikennemallinnusta varten on muodostettu skenaarioita siitä, kuinka liikenteen palveluistumisen eri muodot otetaan käyttöön eri alueilla ja kuinka ne vaikuttavat palveluiden tarjontaan ja sitä kautta palveluiden hintaan ja palvelutasoon ja edelleen autonomistukseen. Skenaariot on muodostettu kirjallisuuskatsauksen, palveludata-analyysin, asiantuntijatyöpajan ja kansainvälisille kutsuliikennetoimijoille suunnatun kyselyn pohjalta.

Työn tarkasteluissa Suomi on jaettu kolmeen maantieteelliseen ryhmään. Luokkaan "suuret kaupungit" on ryhmitelty yli 100 000 asukkaan kaupungit (Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa, Oulu, Turku, Jyväskylä, Kuopio ja Lahti). "Keskisuuriin kaupunkeihin" on ryhmitelty 30 000 – 100 000 asukkaan kaupungit. Alle 30 000 asukkaan kunnat muodostavat kolmannen ryhmän, eli "harvaan asutut alueet".

Kuvio 1. Yhteenveto työssä käytetystä tutkimusmenetelmästä.


2.2 Liikenteen palveluistumisen luokittelu

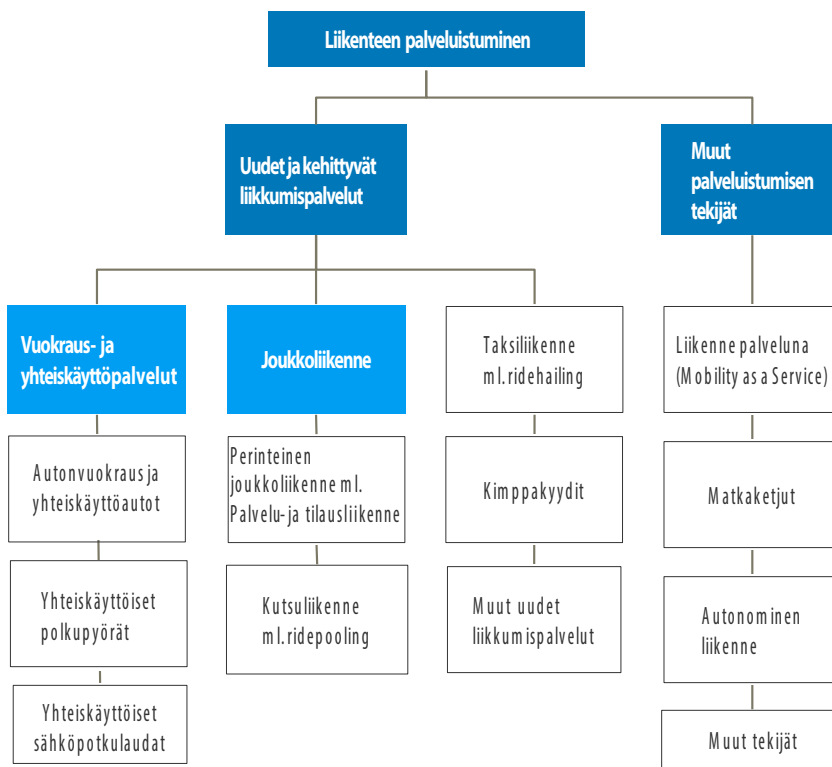
Vielä joitain kymmeniä vuosia sitten kulkumuotojen luokittelu oli suhteellisen yksinkertaista, kun kulkumuotovaihtoehdot sisälsivät lähinnä ajamisen tai matkustamisen henkilöautolla, pyöräily, kävelyn, taksin ja joukkoliikenteen. Henkilöautoilu ja pyöräily perustuvat pääosin itse omistetun kulkuneuvon käyttöön, ja taksi ja joukkoliikenne olivat liikennepalveluita. Myös liikenteen mallintamisessa kulkumuodot määriteltiin usein edellä mainitun jaon mukaan. Viimeisen kymmenen vuoden aikana innovaatiot jakamistaloudessa ja digitaalisuuden hyödyntämisessä ovat laajentaneet liikennepalveluita perinteisten kuljetus- ja omistusmallien ulkopuolelle. Uudet liikennepalvelut perustuvat usein kulkuvälineen yhteiskäyttöön, jossa matkustajalle tarjotaan kulkuvälineen lyhytaikainen käyttömahdollisuus tarpeen mukaan.

Uusien liikennepalveluiden skaala on laaja eikä terminologia ole vakiintunutta, vaan samalla termillä saatetaan viitata kahteen eri palveluun. Näin ollen kirjallisuudesta löytyy

useita eri tapoja luokitella palveluita (mm. Liikennevirasto 2018a, Roukouni & Correia 2020, Shaheen et al. 2020, Shaheen & Cohen 2020). Erityisesti MaaS-termi kattaa monta eri toteutustapaa (integraatiotasoa), ja jotkin toimijat näkevät MaaS:in synonyymina liikenteen palveluistumiselle (Mladenović ja Haavisto 2021).

Tässä selvityksessä liikenteen palveluistuminen ja sen eri muodot on määritelty raportin Sanasto-osuudessa. Liikenteen palveluistuminen sisältää uudet ja kehittyvät liikkumispalvelut ja muut palveluistumisen tekijät. Muita palveluistumisen tekijöitä ovat MaaS, matkaketjut ja autonominen liikenne sekä lukuisa joukko muita tekijöitä, kuten kuljetusten välityspalvelut, liikenteen tietopalvelut ja pysäköintipalvelut (Liikennevirasto 2018a).

Kuvio 2. Liikenteen palveluistumisen luokittelu.



2.3 Taustatutkimus

Kirjallisuuskatsauksessa on kartoitettu keskeiset viimeaikaiset liikenteen palveluistumista ja sen vaikutuksia ihmisten liikkumiskäyttäytymiseen ja autonomistukseen käsitelleet tutkimukset ja selvitykset. Lisäksi palveluistumista edistävien keinojen tunnistamisessa on

hyödynnetty keskeisiä valtioneuvoston strategia-asiakirjoja. Kirjallisuuskatsauksessa on keskitytty kuvaamaan liikenteen palveluistuminen siinä tarkkuustasossa kuin se on olennaista liikenteen palveluistumisen skenaarioiden muodostamiseksi sekä ennen kaikkea liikennemallinnuksen onnistumiseksi. Näin ollen kirjallisuuskatsauksessa ei ole pyritty saamaan aikaan yksityiskohtaista kuvausta liikenteen palveluistumisen eri nyansseista, jos niillä ei ole merkittävää vaikutusta todennettaviin kasvihuonekaasupäästövaikutuksiin.

Kirjallisuuskatsausta on täydennetty data-analyysillä hyödyntäen MaaS Global Oy:n WHIM-asiakaskyselyn aineistoa. Asiakaskyselyssä oli kartoitettu MaaS:n käytön vaikutuksia autonomistukseen, mikä on olennainen tieto mallinnettaessa MaaS-käyttäjien autonomistusta valtakunnallisessa liikennemallissa. Data-analyysin tuloksien tulkinnassa ja hyödyntämisessä liikennemallinnuksessa on huomioitu, että käytettävissä olevaan dataan liittyy merkittäviä vinoumia muun muassa siksi, että palvelun käyttäjät tähän mennessä painottuvat suurelta osin innovaattoreihin ja varhaisiin käyttäjiin (Moore 1999), mutta merkittäviin päästövaikutuksiin päästääkseen liikennepalveluiden on saavutettava enemmistön tuomat massat.

Skenaariokuvausta tukemaan järjestettiin selvityksen valmistelun aikana liikennealan toimijoille ja liikenteen palveluistumisen asiantuntijoille etätyöpaja, jossa työskenneltiin seuraavien kahden teeman parissa: Mikä on liikenteen palveluistumisen merkitys vuosina 2030 ja 2045 ja mitkä toimenpiteet tukevat tai hankaloittavat liikenteen palveluistumista?

Skenaariomuodostusta taustoittamaan toteutettiin pienimuotoinen sähköpostikysely keskeisille kansainvälisille kutsuliikennetoimijoille (MOIA, Pantonium, Padam, ViaVan, Bestmile, Spare, Shotl), jossa kysyttiin heidän näkemyksiään kutsuliikenteen tilasta Suomessa suurissa kaupungeissa, keskisuurissa kaupungeissa ja harvaan asutuilla alueilla vuosina 2030 ja 2045.

2.4 Skenaariomuodostus

Liikennemallinnusta varten on muodostettu skenaarioita siitä, kuinka liikenteen palveluistumisen eri muodot otetaan käyttöön eri alueilla ja kuinka ne vaikuttavat palveluiden tarjontaan ja sitä kautta palveluiden hintaan ja palvelutasoon ja edelleen autonomistukseen vuoteen 2030 ja 2045 mennessä. Perusskenaariossa (**Skenaario 1**) on kuvattu oletettu liikenteen palveluistuminen ja lisäksi on kuvattu kaksi skenaariota liikenteen oletettua vähäisemmän palveluistumisen (**Skenaario 2**) ja oletettua merkittävämmän palveluistumisen (**Skenaario 3**) tarkastelemiseksi.

Vertailukohtana liikenteen palveluistumisen skenaarioille on toiminut valtakunnallisessa liikennemallissa oleva liikennesuoritteiden perusennuste vuosille 2030 ja 2040

(**Skenaario 0**). Perusennusteeseen ei ole kuvattu liikenteen palveluistumista, mutta siinä on mukana oletettu perinteisen joukkoliikenteen tarjonta ja palvelutaso. Merkittävistä käynnissä olevista raidehankkeista Skenaariossa 0 ovat mukana muun muassa Länsi-metron jatko, Raide-Jokeri, Tampereen ratikka ja Espoon kaupunkirata.

Alue- ja väestörakenteella on merkittävä vaikutus liikenteen palveluistumisen potentiaaliin ja vaikutuksiin, mutta tämän selvityksen skenaarioissa ei ole muodostettu vaihtoehtoisia väestö- tai aluerakenteita vaan Skenaario 0 sisältää oletetut palveluistumisen ulkopuoliset muutokset kuten väestönkasvun ja kaupungistumisen. Palveluistumisen skenaarioiden vertailu Skenaarioon 0 poistaakin näin yhteisten tuntemattomien tekijöiden vaikutuksen ja tuo esiin erot tutkittujen skenaarioiden välillä.

2.5 Liikennemallitarkastelu

Liikenne-ennustemalleilla kuvataan tulevaisuuden liikenteen kysynnän määrää ja liikennejärjestelmän muutosten vaikutuksia liikkumiseen ja liikennejärjestelmän toimivuuteen. Ennustemallit perustuvat tietoihin nykyisistä liikkumisvalinnoista, joita tutkitaan mm. henkilöliikennetutkimusten avulla. Näiden tietojen perusteella liikkujien käyttäytyminen eri valintatilanteissa (esim. kulkutavan ja reitin valinta) kuvataan tilastollisten ja matemaattisten menetelmien avulla.

Liikennemallien avulla voidaan arvioida liikenteen matka-aikoja ja kustannuksia sekä niiden muutosten vaikutuksia liikenteen määriin ja suoritteisiin eri kulkutavoilla. Näiden perusteella voidaan puolestaan arvioida esim. liikenteen sujuvuutta, onnettomuuksien ja päästöjen määrää sekä muita päätöksenteon tueksi tarvittavia vaikutustietoja.

Ennustemalleilla laaditaan tyypillisesti perusennusteet eri poikkileikkausvuosille, joille kuvataan esim. oletukset väestömäärien muutoksista eri alueilla. Liikennejärjestelmän kehittämiseksi tehtävät toimenpiteet vaikuttavat alueiden välisiin matka-aikoihin ja kustannuksiin, jolloin myös liikkuminen ja liikenteen määrä eri kulkutavoilla muuttuvat. Kun toimenpiteiden vaikutukset lasketaan malleilla, niitä voidaan verrata keskenään ja arvioida asetettujen tavoitteiden toteutumista eri vaihtoehtoisissa (Moilanen, Niinikoski et al. 2014).

Liikenteen palveluistumisen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin on arvioitu Traficomien koko Suomen kattavan liikenne-ennustejärjestelmän avulla. Järjestelmä koostuu valtakunnallisesta liikkumisvalintojen yksilömallista (Brutus-malli) ja valtakunnallisesta liikenne-ennustemallista.

Kuvio 3. Mallijärjestelmän rakenne (Moilanen, Niinikoski et al. 2014)



Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli on yksityiskohtainen liikennemallikuvaus koko Suomen henkilöliikenteestä sekä alue- ja yhdyskuntarakenteesta. Malli kuvaa koko Suomen asuttua alue- ja yhdyskuntarakennetta neliökilometrin tarkkuudella. Kuvaus kattaa seuraavat kulkumuodot: kävely, pyöräily, henkilöauto, juna, bussit ja lentoliikenne.

Malli soveltaa lähestymistapaa, jossa suomalaisten yksilöllistä liikkumista kuvataan erilaisen simuloivien osamallien avulla. Malli mahdollistaa yksilöllisen mallintamisen, matkaketjujen huomioimisen ja jatkuvan aikadimension. Maankäytön aktiviteettien aiheuttama liikenteen kysyntä mallinetaan autonomistuksen, matkatuotoksen, suuntautumisen, kulkutavan valinnan ja myös reittien sijoittumisen suhteen. Malli mahdollistaa vaikutusten arvioinnin yksilötasolla, mikä ei ole ollut aikaisemmin mahdollista. Tämä on tullut viime vuosina mahdolliseksi sekä paikkatietojen runsauden että tietokoneiden laskentatehon kasvun ansiosta.

Mallin avulla voidaan tarkastella erittäin yksityiskohtaisesti liikennejärjestelmän palvelutasoa eri puolilla Suomea. Arvio laajentaa asukkaiden liikkumistarpeita kuvaavan valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen tiedot koko Suomen väestön ikä- ja aluerakenteen mukaiseksi (Moilanen, Salomaa et al. 2014). Valtakunnallista liikkumisvalintojen yksilömallia on sen valmistumisen jälkeen päivitetty vuoden 2016 henkilöliikennetutkimuksen aineistolla, uusilla maankäyttötiedoilla ja väestöennusteilla.

Valtakunnallisella liikenne-ennustemallilla arvioidaan liikennejärjestelmän ja liikkumisen kustannusten muutosten vaikutuksia kulkutapavalintoihin, sijoitellaan kulkutapakohtainen liikenteen kysyntä liikenneverkoille sekä lasketaan tietoja liikenteen suoritteiden ja muiden tunnuslukujen (kuten liikenteen hiilidioksidipäästöjen) muutoksista.

Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli kuvaa vuorokausitason (keskivuorokausiliikenne) henkilöliikenteen kysyntää. Kuljutavan valintamallit perustuvat nykyisiin liikkumistottumuksiin. Nykytilanteen liikkumistietona on käytetty valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimuksen aineistoa. Matkustajien liikkumisvalintoja koskeva tieto on yhdistetty liikennejärjestelmäkuvauksesta tuotettuihin matka-aikoihin ja kustannustietoihin, jonka jälkeen niiden suhde kuljutavan valintaan on mallinnettu tilastollisin menetelmin matemaattisiksi kaavoiksi.

Kuljutavan valintamallit on rakennettu ottamaan huomioon muutokset liikennejärjestelmien palvelutasossa, ottaen tarvittaessa myös liikkujien preferenssit huomioon. Valintamallit ovat logit-malleja, jotka mallintavat kuljutavan valintaa neljän pääkuljutavan välillä: henkilöauto, juna, linja-auto ja lento. Mallit on laadittu erikseen eri matkaryhmille. Malliin kuvatut matkaryhmät ovat:

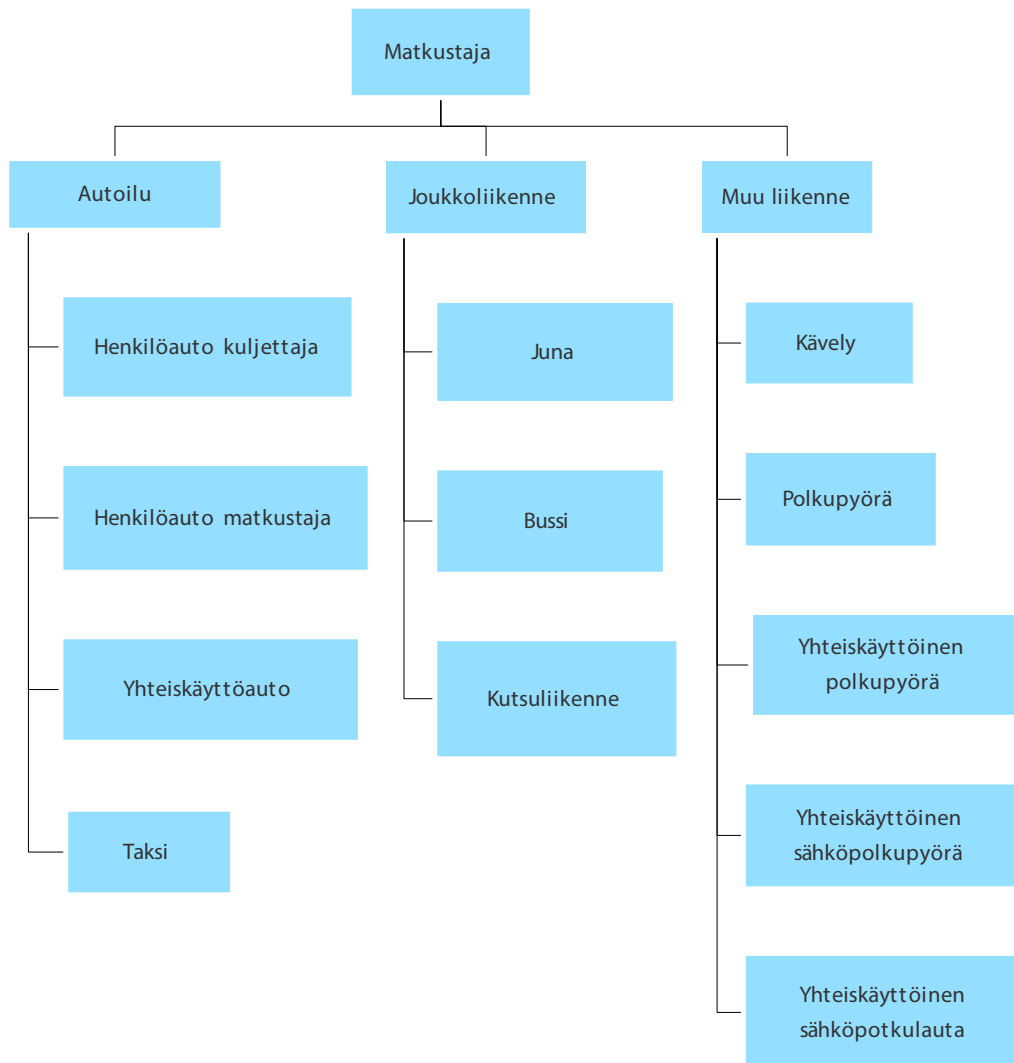
- työ, koulu- ja opiskelumatkat
- työasiamatkat
- ostos ja vapaa-ajanmatkat
- matkailumatkat.

Ennustemalli ei tuota liikenne-ennusteita itsenäisesti vaan hyödyntää liikkumisvalintojen yksilömallista saatavia arvioita liikenteen kehityksestä tulevaisuuden poikkileikkaustilanteessa. Malli on siis periaatteeltaan muutosmalli, joka ei muuta liikenteen kokonaiskysynnän määrää tai suuntautumista, mutta ennustaa kuljutapaosuuksien muutoksen liikenteen tarjonnassa ja kustannuksissa tapahtuvien muutosten seurauksena. Yksilömalli perustuu puolestaan tiheään ruutujakoon, jonka avulla paikallinen kysyntä on mahdollista mallintaa huomattavasti tarkemmin, mutta liikennejärjestelmien yksityiskohtaisempaa kuvausta on vastaavasti huomattavasti hankalampi muuttaa esim. ennusteissa. Kahden mallin avulla yhdistetään näin tehokkaasti erilaisten menetelmien vahvuuksia (Moilanen, Niinikoski et al. 2014). Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli on sen valmistumisen jälkeen päivitetty vuoden 2016 henkilöliikennetutkimuksen aineistolla.

Liikenteen palveluistumisen päästövaikutusten arvioimiseksi on valtakunnallista liikenne-ennustemallia jatkokehitetty niin, että uusien liikennepalvelujen tarjonta on lisätty malliin. Koska uusista kuljutavoista ei ole tilastotietoja saatavilla, on niiden mallinnuksessa tarvittavat liikkumisvalintoja kuvaavat hyötyfunktiot rakennettu nykyisten kuljutapojen avulla, käyttäen samoja matka-aika- ja kustannusmuuttujien kertoimia. Vaihtoehtokoh- taisten vakioiden avulla uusien kuljutapojen osuudet on säädetty asiantuntija-arvioi- den mukaiselle tasolle. Luvussa 5.2 on kuvattu tarkemmin uusien kuljutapojen tarjonnan mallinnustapa.

Uudet kulkutavat sisältävä valtakunnallinen liikenne-ennustemalli on rakenteeltaan hierarkkinen logittimalli, jonka ensimmäisessä vaiheessa matkustaja tekee valinnan siitä, tekeekö matkan autolla, joukkoliikenteellä vai muilla liikennemuodoilla. Toisessa vaiheessa tehdään valinta hierarkiatason sisällä (esimerkiksi joukkoliikenteen valinneet valitsevat vaihtoehdoista: juna, bussi, kutsuliikenne). Vaihtoehdon lopullinen valintatodennäköisyys lasketaan ensimmäisen vaiheen valinnan ja toisen vaiheen valinnan todennäköisyyksien tulona.

Kuvio 4. Kulkutavan valinnan mallinnus palveluistumisskenaarioissa



Tämän työn yhteydessä jatkokehitetty valtakunnallinen liikenne-ennustemalli tuottaa tuloksena nykyisten ja uusien liikkumispalvelujen liikenteen kysynnän. Kun kysyntä sijoitellaan liikenneverkolle, saadaan laskettua kilometrisuoritteet kulkutavoittain. Kilometrisuoritteiden ja kulkutapakohtaisten CO₂-kertoimien avulla lasketaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt eri palveluistumisskenaarioissa.

Muodostetut palveluistumisen skenaariot on kuvattu Valtakunnalliseen malliin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa mallissa väestöä kuvaavassa synteettisessä populaatiossa on huomioitu kussakin skenaariossa oletettu liikenteen palveluistumisen vaikutus autonomistukseen. Autonomistuksen muutokset on tarkasteltu segmenteittäin ja alueittain, jolloin yksilömalli ottaa autonomistuksen huomioon käyttäytymismalleissa. Segmentointi pohjautuu ihmisten perhe- ja työsidonnaisuuteen, jotka vaikuttavat merkittävästi ihmisten liikkumistarpeeseen ja liikkumiseen (Chapin 1974, Kivari et al. 2006, Sihvola, Jokinen ja Sulonen 2011). Näiden perusteella saadaan seuraavat viisi liikkujaryhmää: 1) lapset ja nuoret, 2) perhe- ja työsidonnaiset, 3) perhesidonnaiset, 4) työsidonnaiset ja 5) riippumattomat. Autonomistusta tarkastellaan mallinnuksessa ruokakunnittain, eikä malli sisällä ainoastaan lapsista ja nuorista koostuvia ja auton omistavia ruokakuntia. Työsidonnaisia ruokakuntia ovat ne, joissa on henkilö, joka on töissä tai opiskelee täysi- tai osapäiväisesti. Lähdeteoksissa perhesidonnaisuuden kriteerinä on käytetty sitä, että perheessä on alle 13-vuotiaita lapsia.

Toisessa vaiheessa mallissa käytössä olevien kulkumuotojen (henkilöauto kuljettajana, henkilöauto matkustajana, joukkoliikenne, pyöräily, kävely) perusteella on kuvattu skenaarioiden mukaiset uudet liikkumispalvelut varioiden mm. kulkumuotovakioita, hinnoittelua ja palvelutasoa.

Skenaarioissa ei ole muodostettu vaihtoehtoisia väestö- tai aluerakenteita, joten liikennemallitarkastelut ovat perustuneet Valtakunnallisen mallin valmiiseen perusennusteeseen vuosille 2030 ja 2040. Perusennustetta on käytetty tarkasteluvuosille 2030 ja 2045 vertailukohtana muodostetuille palveluistumisen skenaarioille.

2.6 Autokanta ja sen jakautuminen eri käyttövoimiin

Kansalliset arviot liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä perustuvat VTT:n LIPASTO-järjestelmän laskelmiin, joiden lähtökohtana on valtakunnallinen liikenne-ennuste (Liikennevirasto 2018), joka on keväällä 2021 päivitetty vastaamaan viimeisiä tilastoja ja saatavilla olevia lähtötietoja. LIPASTO ja valtakunnallinen liikenne-ennustejärjestelmä muodostavat keskeisen työkalun arvioitaessa eri keinojen vaikutuksia liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin.

Liikenne-ennusteen taustalla on valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (HLT) tuottama tieto ihmisten liikkumisvalinnoista. Liikenteen palveluistumisessa korostuu erityisesti asiakaslähtöisyys, digitaalisten alustojen merkitys, kutsuohjautuvuus sekä olemassa olevan kulkuneuvokapasiteetin tehokkaampi jakaminen ja yhteiskäyttö. Uusilla liikenteen palveluilla tarkoitetaan tässä selvityksessä kaikkia liikennejärjestelmän liikkumispalveluja, jotka perustuvat kiinteästi digitalisaation mukanaan tuomiin mahdollisuuksiin.

Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa on käytetty taulukon 1 mukaisia päästökertoimia. Kun ajoneuvokilometrit kerrotaan päästökertoimilla, saadaan tuloksena liikenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Kertoimet on laskettu kesällä 2021 päivitetyn liikennesuorite- ja kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteiden avulla. Kertoimet perustuvat skenaarioon, jossa sähköautojen määrä kasvaa nopeasti ja on noin 600 000 sähköautoa vuonna 2030, mikä tarkoittaa noin 19 % osuutta kaikista henkilö- ja pakettiautoista. Näiden tarkasteluiden tulokset on myös sovitettu vastaamaan ao. skenaarion suoritetasoa. Herkkyystarkasteluna tehtiin laskelma, jossa taksit, kutsuliikenne ja yhteiskäyttöautot oletettiin nollapäästöisiksi vuonna 2030 ja 2045.

Taulukko 1. Ajoneuvojen päästökertoimet (hiilidioksidigrammaa / kilometri).

	2020	2030	2045
henkilöauto, taksi, kutsuliikenne, yhteiskäyttöauto	133	82	36
bussi	805	472	359

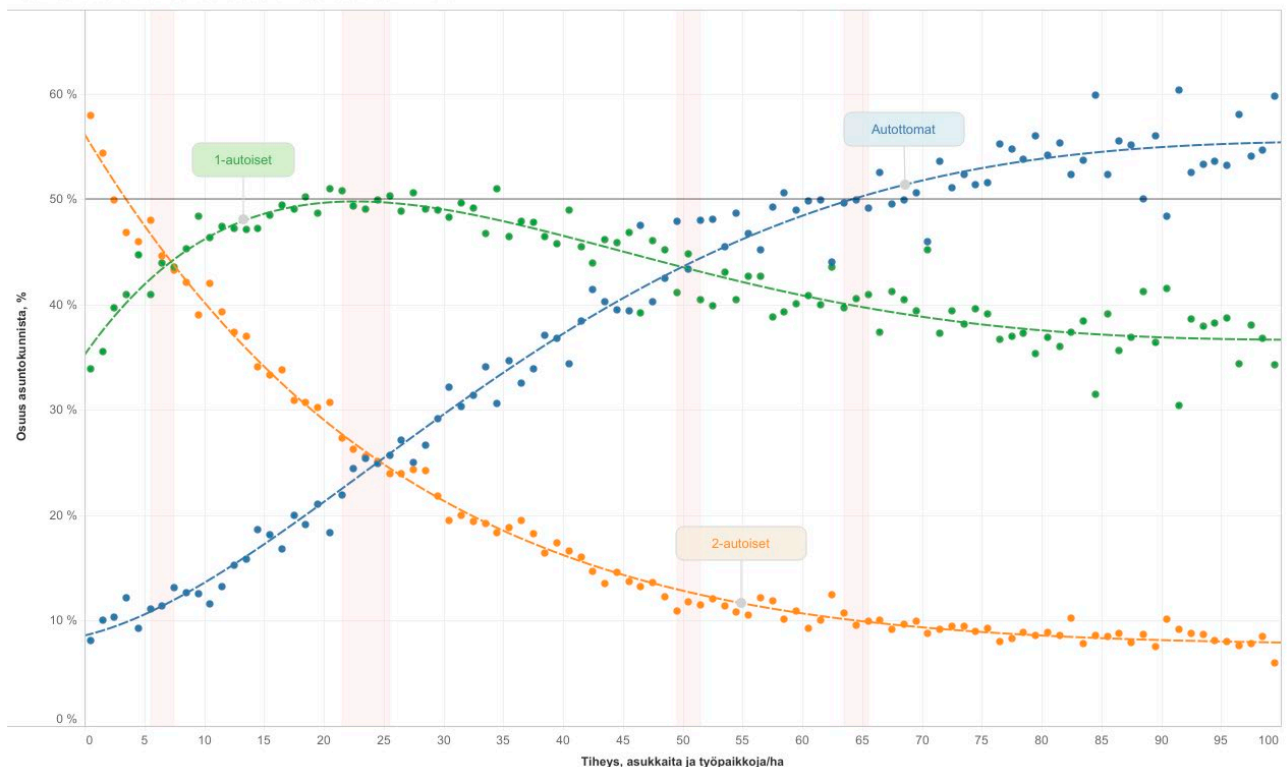
3 Liikenteen palveluistuminen

3.1 Vaikutukset autonomistukseen

Yleisesti tutkimusten mukaan yksittäisen henkilön tai kotitalouden autonomistusta on vaikeaa ennakoida tai edes löytää nykytilanteessa autonomistusta hyvin selittäviä muuttujia, koska siihen vaikuttavat voimakkaasti henkilökohtaiset asenteet ja esimerkiksi kotitalouden tulotasoon ja asuinpaikan joukkoliikenteen tarjontaan liittyvillä tekijöillä on heikko selitysaste (Liljamo et al. 2021; Clark 2007; Klein & Smart 2017). Alueellisesti yhdyskuntarakenteen tiheys selittää kuitenkin Suomen ympäristökeskuksen (Helminen 2018) mukaan hyvin kotitalouksien autonomistuksen jakaumaa (Kuvio 5). Yhdyskuntarakenteen tiheyden voidaan siten katsoa luovan liikenteen palvelujen kysynnän perustason, mutta toisaalta liikenteen palvelujen kehittäminen voi mahdollistaa autosta luopumisen myös alueilla, joilla se ei aiemmin ole ollut mahdollista.

Kuvio 5. Kotitalouksien autonomistus yhdyskuntarakenteen tiheyden mukaan (Helminen 2018).

Asuntokuntien autonomistus tiheysluokittain 2015

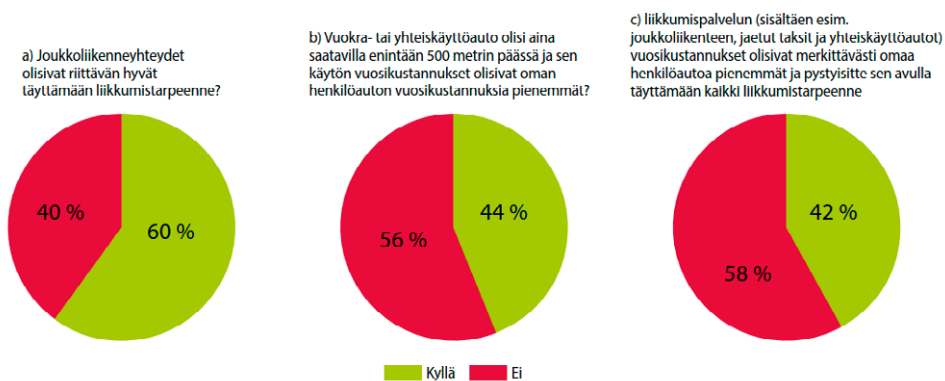


Autonomistukseen vaikuttavia trendejä ovat ympäristötietoisuuden lisääntyminen, asenteiden muuttuminen, väestön ikääntyminen ja kotitalouksien keskikoon pieneneminen (Zong et al. 2019, Bussiere et al. 2019, Brandt & Lindeqvist 2016, Kågeson 2014). Digitaalisuus on keskeinen osa liikenteen palveluistumista, ja suurelle osalle käyttäjistä digitalisaatio tekee auton ajamisen helpommaksi mutta myös elämisen ilman omistusaautoa helpommaksi (Ramboll 2021).

Kyselytutkimusten tuloksia autonomistuksesta

Suomalaisen kyselytutkimuksen mukaan autonomistukselle kuitenkin koetaan olevan laajasti tarvetta (Kuvio 6, Taulukko 2), vaikka liikenteen palvelut kehittyisivät ja niillä voisi täyttää liikkumistarpeet (Liljamo 2018). Lisäksi, vaikka kaikki liikenteessä olevat autot olisivat automaattiautoja, 34 % suomalaisista haluaisi omistaa oman automaattiauton (Liljamo et al. 2018).

Kuvio 6. Suomalaisten vastaukset kysymykseen: Olisiko teillä tarvetta tai halua omistaa omaa henkilöautoa tulevaisuudessa, jos... (Liljamo 2018).



Autonomistuksen tarpeessa on selvä ero naisten ja miesten välillä. Suomalaisen kyselytutkimusten mukaan miehet kokevat tarvetta autonomistukseen naisia enemmän (Taulukko 2). Nykyiset liikkumistottumukset vaikuttavat erittäin vahvasti koettuun tulevaisuuden autonomistuksen tarpeeseen ja asuinsijainnilla tai tulotasolla on vähemmän merkitystä (Taulukko 2). (Liljamo 2020.)

COVID-19 pandemian vaikutuksesta autonomistukseen ei vielä ole laajalti saatavana tutkimustuloksia. EY:n Mobility Consumer Index:n (EY 2020) yhteydessä tehdyssä kyselyssä 31% autottomista ilmoitti harkitsevansa auton ostamista ja 20% autonomistajista ilmoitti

harkitsevansa lisäauton hankkimista seuraavien kuuden kuukauden aikana. Molemmissa ryhmissä COVID-19 mainittiin yhtenä suurimpana auton ostamiseen vaikuttavana tekijänä.

Taulukko 2. Taustatietojen vaikutus autonomistushalukkuuteen (Liljamo 2020).

		MaaS-kysely				Automaattiautokysely		
		Joukkoliikenne		MaaS		Automaattiauto		
Tarve tai halu omistaa auto tulevaisuudessa		Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	
Sukupuoli	Nainen	50.3%	49.7%	34.6%	65.4%	29.5%	70.5%	Nainen
	Mies	72.4%	27.6%	51.0%	49.0%	39.6%	60.4%	Mies
Ikäryhmät	18-24	56.0%	44.0%	35.2%	64.8%	40.5%	59.5%	18-24
	25-34	47.3%	52.7%	29.7%	70.3%	32.3%	67.7%	25-34
	35-44	61.3%	38.7%	39.0%	61.0%	37.7%	62.3%	35-44
	45-54	69.8%	30.2%	47.3%	52.7%	40.9%	59.1%	45-54
	55-64	62.8%	37.2%	50.1%	49.9%	28.0%	72.0%	55-64
Koulutustaso	Peruskoulu	56.3%	43.8%	53.8%	46.3%	34.2%	65.8%	Peruskoulu
	Toinen aste	65.9%	34.1%	47.3%	52.7%	38.7%	61.3%	Toinen aste
	Alempi korkea-koulututkinto	63.2%	36.8%	43.0%	57.0%	32.6%	67.4%	Alempi korkea-koulututkinto
	Ylempi korkea koulututkinto	49.2%	50.8%	29.1%	70.9%	30.4%	69.6%	Ylempi korkea-koulututkinto
Autoja kotitaloudessa	0	19.5%	80.5%	23.2%	76.8%	15.1%	84.9%	0
	1	60.0%	40.0%	40.4%	59.6%	34.7%	65.3%	1
	2	75.7%	24.3%	50.5%	49.5%	37.9%	62.1%	2
	3	81.3%	18.8%	49.2%	50.8%	44.7%	55.3%	3
	4 +	88.0%	12.0%	75.0%	25.0%	52.5%	47.5%	4 +
Ajokortillisuus	Kyllä	62.9%	37.1%	43.0%	57.0%	35.9%	64.1%	Kyllä
	Ei	19.2%	80.8%	27.4%	72.6%	16.3%	83.7%	Ei
Auton käyttö	Ei käyttöä	20.5%	79.5%	20.5%	79.5%	14.2%	85.8%	Ei käyttöä
	0-10k km	52.3%	47.7%	35.3%	64.7%	21.5%	78.5%	0-5k km
	10-25k km	70.4%	29.6%	50.1%	49.9%	33.0%	67.0%	5-10k km
						40.0%	60.0%	10-20k km
	25k km +	78.4%	21.6%	50.0%	50.0%	42.4%	57.6%	20-30k km
							30k km +	
Joukkoliikenteen käyttö	Ei käyttöä	73,5%	26.5%	52.4%	47.6%	25.3%	74.7%	Harvemmin kuin kerran kuussa

		MaaS-kysely				Automaattiautokysely		
		Joukkoliikenne		MaaS		Automaattiauto		
	Vähäinen käyttö	58.8%	41.2%	41.2%	58.8%	40.3%	59.7%	Vähintään kuukausittain
	Viikoittainen käyttö	39.7%	60.3%	22.3%	77.7%			
	Lähes päivittäinen käyttö	32.8%	67.2%	22.6%	77.4%			
Kotitalouden tulot	0-2k euroa	42.9%	57.1%	39.1%	60.9%	-	-	-
	2-4k euroa	56.2%	43.8%	43.2%	56.8%	-	-	-
	4-6k euroa	68.0%	32.0%	40.9%	59.1%	-	-	-
	6k+ euroa	70.8%	29.2%	43.0%	57.0%	-	-	-
Asuinsijainti	Tiheään asuttu kaupunkialue	54.1%	45.9%	38.1%	61.9%	31.0%	69.0%	Tiheään asuttu kaupunkialue
	Harvaan asuttu kaupunkialue	65.2%	34.8%	43.2%	56.8%	37.1%	62.9%	Harvaan asuttu kaupunkialue
	Harvaan asuttu alue					39.5%	60.5%	Harvaan asuttu alue

ITF:n Helsingin seudulla tekemän kyselytutkimuksen mukaan 27 % henkilöauton omistajista ilmoitti olevansa valmiita luopumaan autostaan, mikäli kutsuliikenne olisi laajamittaisena käytettävissä (ITF 2017b). CleverShuttlen asiakkaille tehdyssä kyselytutkimuksessa 45 % vastaajista, joilla oli henkilöauto kotitaloudessa, näki mahdollisena, että kutsuliikenteen käyttö voi korvata autonomistuksen tulevaisuudessa (Knie& Ruhrort 2020).

Oslossa, Norjassa tehdyssä tutkimuksessa urbaaneilla alueilla asuvat perheet, joilla on pieniä lapsia, olivat valmiita luopumaan autonomistuksesta ja siirtymään yhteiskäyttöautojen käyttäjiksi, mutta palvelun käytön haasteet, kuten lastenistuinten huono saatavuus heikensivät palvelun käyttöönottoa (Ramboll 2021). Urbaaneilla alueilla asuville seniorikansalaisille uudet liikennepalvelut, erityisesti kutsuliikenne, mahdollistavat luopumisen henkilöautoilla ajamisesta, joka kaupunkiympäristössä usein koetaan turvallisuusriskiksi ja kuormittavaksi (Sihvola, Jokinen ja Sulonen 2011).

Liikenteen palvelujen käyttäjien toteutuneita muutoksia autonomistuksessa

Liikenteen palvelut, erityisesti yhteiskäyttöautot, vähentävät tutkimusten mukaan käyttäjien tarvetta auton hankintaan ja mahdollistavat myös auton omistuksesta luopumisen. Yhteiskäyttöautopalvelujen käyttäjistä vain 12 % oli aiemmin omistanut auton (Sioui et al. 2013), kun Suomessa autoja on liikennekäytössä 0,59 per yli 18-vuotiaat suomalaiset.

Pohjoisamerikkalaisten yhteiskäyttöautotutkimusten mukaan auton hankinnan vältti 14–71 % perinteisen yhteiskäyttöautopalvelun käyttäjistä ja auton omistuksesta luopui 14–67 % palvelun käyttäjistä. Kansainvälisten kyselytutkimusten mukaan 25–40 % yhteiskäyttöpalvelun jäseneksi liittyneistä kotitalouksista luopuu vähintään yhdestä autosta ja 20–50 % auton hankkimista suunnitelleista talouksista jättää auton hankkimatta (Voltti 2010).

Uudempien, minuuttihinnoiteltujen yhteiskäyttöautopalvelujen käyttäjien piirissä auton omistuksesta on luopunut 2–23 % käyttäjistä ja auton hankinnan välttänyt 7–44 % käyttäjistä. Kaupunkipyöräjärjestelmien käyttöönotto on kaupungeissa vähentänyt auton omistusta 2–4 % (Shaheen et al. 2016; 2019a). Kaupunkipyöräjärjestelmän käyttäjistä esimerkiksi Washingtonissa 44 % ei ollut autoa käytettävissään (Fishman & Allan 2019).

Uusien taksipalvelujen (ride-hailing) yhteys autonomistukseen on epäselvä. Joidenkin tutkimusten mukaan autottomissa kotitalouksissa elävät käyttävät taksipalveluja enemmän kuin autollisissa asuvat (Circella et al. 2018), mutta joissain tutkimuksissa eroa ei ole havaittu (Tirachini & del Rio 2019). Clewlow & Mishra (2017) ja Henao & Marshall (2018) mukaan noin 90 % uusien taksipalvelujen käyttäjistä ei ole tehnyt muutoksia autonomistukseen, mutta 9–13 % on luopunut autosta.

Sydneyn MaaS-pilotin rekisteröityneistä käyttäjistä 82 % kertoi omistavansa tai heillä olevan mahdollisuus päivittäiseen yksityisauton käyttöön. Pilotin aikana vaikutuksia auton omistukseen ei pystytty havaitsemaan, mutta 15 % osallistujista kertoi pilotoinnin muuttaneen heidän käsitystään omistusautosta niin, että he harkitsevat uudelleen auton ostamispäätöstään, omasta pääasiallisesta autosta luopumista, tai talouden toisesta autosta luopumista. (Hensher et al. 2021)

MaaS Global Oy kartoitti marraskuussa 2020 (MaaS Global Oy 2020) asiakaskyselyssään Whim-nimisen MaaS-palvelunsa käytön vaikutuksia auton omistukseen. Kysely oli suunnattu Whim-palvelua Helsingin alueella käyttäneille. Kaikista kyselyyn vastanneista 4,4 % kertoi, että Whim oli auttanut heitä luopumaan olemassa olevasta autosta, ja 20,3 % puolestaan, että Whim oli auttanut olemaan hankkimatta uutta autoa. Pääasiassa kertamaksullisia palveluja tai kaupunkipyörän kausilipun Whimin kautta hankkineista 19 % vastasi, että Whim-palvelu oli joko auttanut olemaan ostamatta omistusautoa tai luopumaan olemassa olevasta omistusautosta. Vastaavasti, rajattoman julkisen liikenteen käytön sisältäviä kuukausipaketteja käyttäneillä vastaava prosenttiluku oli 23 %, kun taas autovuokrauspalvelujen käyttöä sisältävien pakettien käyttäjistä näin vastasivat kaikki. Urban30-, Student30-, Weekend, ja Unlimited-kuukausipaketit sisälsivät kaikki julkisen liikenteen kuukausilipun HSL-alueelle, sekä taksien edullisen (Weekend) tai ilmaisen (Unlimited) käytön.

Yhteenvedona liikenteen palveluistumisen vaikutuksesta autonomistukseen voidaan tämän työn näkökulmasta sanoa seuraavaa:

- Kirjallisuudessa autonomistuksen muutokset ovat liittyneet yleensä johonkin yksittäiseen palveluun ja näin ollen vain ko. palvelun käyttäjiin, jolloin muutoksia on vaikeaa laajentaa koskemaan koko väestöä.
- MaaS-asiakaskyselyn tulokset antavat vahvistusta hypoteeseille, että MaaS-palveluilla voidaan korvata yksityisauton omistusta, ja että mitä kattavampi MaaS-paketti käyttäjällä on, sitä paremmin se korvaa omistauton käyttöä.
- Liikenteen palveluistumisella on tutkimustuloksiin pohjautuen autonomistusta vähentävää vaikutusta, mutta autosta luopumisen laajuuteen ei ole olemassa yksiselitteistä arviota tässä työssä käytettäväksi.

3.2 Vaikutukset liikkumiskäyttäytymiseen

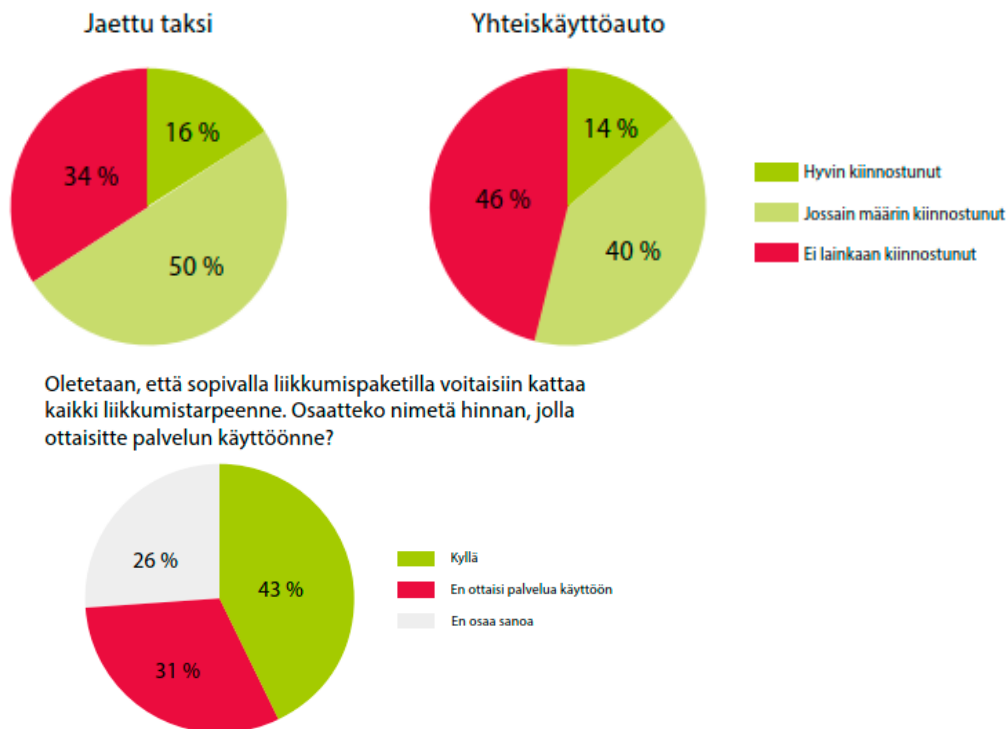
Kyselytutkimusten tuloksia liikkumispalvelujen vaikutuksista kulkutapoihin

Suhtautuminen uusiin liikkumispalveluihin on yksilöllistä. Suomalaisten kyselytutkimusten perusteella joukkoliikennettä käyttävät, autottomissa talouksissa asuvat, 25–34-vuotiaat, korkeasti koulutetut ja tiheimmin asutuilla alueilla asuvat ovat muita kiinnostuneempia MaaS-palveluiden käyttämisestä ja pääosin samat käyttäjäryhmät ovat valmiimpia automaattiautojen käyttöön, mutta erot eri ryhmien välillä ovat pienet. Miehet suhtautuvat automaattiautoihin naisia myönteisemmin, mutta naiset ovat kiinnostuneempia jaetuista liikennemuodoista kuten joukkoliikenteestä ja jaetuista robottitakseista. (Liljamo 2020.) Naiset käyttävät yhteiskäyttöautoja, yhteiskäyttöisiä sähköpotkulautoja ja uusia kutsuliikennepalveluita miehiä vähemmän, mutta ei palveluiden digitaalisuuden vuoksi vaan sen takia, etteivät palvelut vastaa niin hyvin heidän liikkumistarpeeseensa esimerkiksi turvatomuudentunteen tai lasten kanssa matkustamisen takia. Naiset kuitenkin käyttävät miehiä enemmän kestäviä kulkumuotoja ja ottavat kestävyuden huomioon liikkumisvalinnoissaan (Ramboll 2021). Liiketoimintana tarjottavien yhteiskäyttöautojen suosio perustuu pitkälti palvelualueen asukkaiden tulotasoon, korkeaan asukastiheyteen, liikennepalveluiden monipuoliseen tarjontaan ja liikenteen turvallisuuteen (ITF 2020). On kuitenkin huomioitava, että riippumatta sosio-ekonomisesta taustasta liikennepalveluiden potentiaaliset käyttäjät suhtautuvat kulkumuodonvalinnassa pragmaattisesti ja painottavat valinnassaan palvelun hintaa ja palvelutasoa (ITF 2017b).

Suomalaisen kyselytutkimuksen mukaan kiinnostus liikenteen palvelujen käyttöön on kohtalaisesti olemassa (Kuvio 7). Kyselyn mukaan, vaikka sukupuolten välillä on eroja käyttäytymisessä, sukupuoli ei vaikuta juurikaan kiinnostukseen liikenteen palveluja kohtaan.

Naiset sekä käyttävät digitaalisia joukkoliikenteen palveluita miehiä enemmän että myös ajavat vähemmän henkilöautolla (Ramboll 2021). Jaettujen taksien käytöstä ovat kiinnostuneempia nuoret ikäryhmät ja nykyisin paljon joukkoliikennettä käyttävät, samoin yhteiskäyttöautoista ja MaaS-palvelupaketista. Yhteiskäyttöautoihin ja MaaS-pakettiin kiinnostus on suurempaa myös autottomissa kotitalouksissa asuvien ja korkeasti koulutettujen keskuudessa. Yhteiskäyttöautojen kiinnostus on myös suurempaa tiheästi asutuilla alueilla asuvien keskuudessa. (Liljamo 2018.)

Kuvio 7. Suomalaisen kiinnostus käyttää jaettuja takseja, yhteiskäyttöautoja ja MaaS-palvelupakettia (Liljamo 2018).



Nekin suomalaiset, jotka voisivat ottaa MaaS-palvelun käyttöön, ovat kuitenkin valmiita maksamaan palvelusta hyvin vähän verrattuna nykyisiin liikemiskustannuksiinsa. Sopivan palvelun hinnan keskiarvo on 137 € kuukaudessa ja mediaani 100 €/kk, kun nykyisten liikemiskustannusten keskiarvo on 348 €/kk ja mediaani 320 €/kk. Hajonta on kuitenkin suurta. Maksuhalukkuus MaaS-palvelusta on keskimäärin 64 % nykyisistä liikemiskustannuksista, mutta maksuhalukkuus on lähempänä nykyisiä liikemiskustannuksia, mitä pienemmät nykyiset kustannukset ovat (Taulukko 3). (Liljamo et al. 2020.)

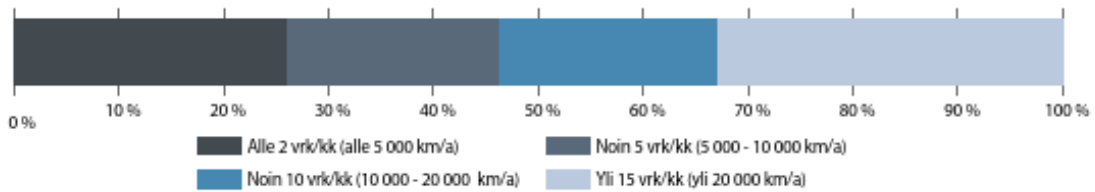
Taulukko 3. Maksuhalukkuus MaaS-palvelusta suhteessa nykyisiin liikkumiskustannuksiin (Liljamo et al. 2020).

	Current €0–199 (n = 149)	mobility €200–399 (n = 152)	costs more than €400 (n = 126)
Willingness to pay relative to current mobility costs (0–40%)	14%	37%	43%
(40–80%)	30%	46%	48%
(80–120%)	30%	15%	9%
(120 + %)	26%	3%	0%
Mean of willingness to pay relative to current mobility costs	96%	50%	43%
Mean of absolute willingness to pay	€69	€138	€244
Standard deviation of absolute willingness to pay	€38	€81	€140
Range of absolute willingness to pay	€10–200	€10–460	€50–700

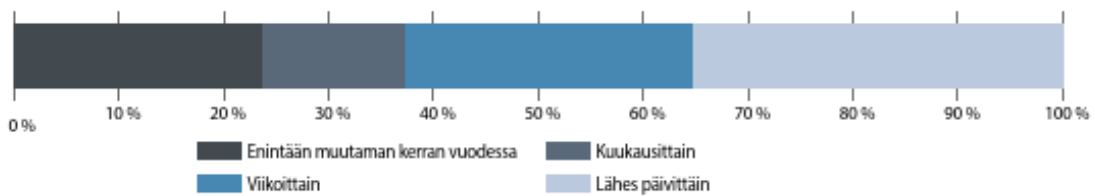
Suomalaisen kyselytutkimuksen mukaan MaaS-palvelupaketin käyttöönoton jälkeenkin henkilöauto olisi erittäin tärkeä kulkutapa yhteiskäyttöauton tai vuokra-auton muodossa, mutta myös joukkoliikennettä käytettäisiin enemmän ja muiden liikkumispalvelujen käyttö lisääntyisi hieman (Kuvio 8). Myös liikkumisen määrä kokonaisuutena kasvaisi noin puolella vastaajista, jos liikkuminen olisi kokonaiskustannuksiltaan nykyistä halvempaa tai käytössä olisi liikkumispaketti, johon sisältyy rajaton määrä matkoja. Erityisesti nuoret, pienituloiset ja nykyisin vähän henkilöautoa käyttävät todennäköisesti liikkuisivat enemmän. (Liljamo 2018.)

Kuvio 8. Liikennepalvelujen käyttö, kun oletetaan, että vastaaja ottaisi käyttöön liikkumispaketin ja omaa henkilöautoa ei olisi käytössä (Liljamo 2018).

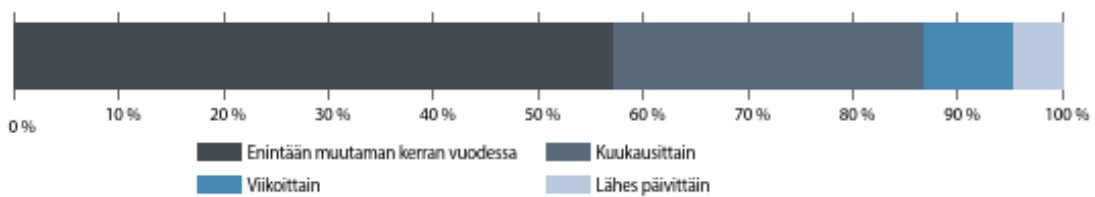
Yhteiskäyttö- tai vuokra-auton käyttö



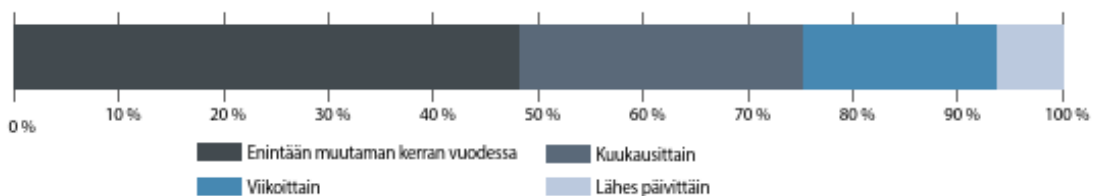
Paikallisjoukkoliikenteen käyttö



Pitkämatkaisen joukkoliikenteen käyttö



Muiden liikennepalvelujen käyttö



ITF:n vuoden 2019 raportissa arvioidaan, että Euroopan talousalueella ja Turkissa kaupunkiliikenteen kulkumuotojakaumat henkilömatkustuskilometreissä mitattuna kehittyvät vuosien 2015–2050 välillä niin, että yksityisten kulkuneuvojen käyttö pienenee 65 %:sta 25 %:iin, julkisen liikenteen käyttö kasvaa 30 %:sta 44 %iin, jaetut kulkumuodot (sisältäen mm. jaetut taksit, yhteiskäyttöiset polkupyörät ja sähköpotkulaudat sekä yhteiskäyttö-autot) kasvavat nykyisestä noin 1 %:sta 26 %:iin, ja aktiivisten liikkumismuotojen osuus kasvaa 2 %:sta 5 %:iin. MaaS:n käyttöä raportissa kuvaillaan siten, että kaupunkialueilla 20% väestöstä käyttäisi MaaS:ia vuonna 2050 perusuralla. Nämä arviot pohjautuvat kuitenkin monille vahvoille oletuksille toteutuvista liikenteen disruptioista sekä siitä, miten

päättäjien oletetaan näitä disruptiota säätelevän sekä mikä onpäättäjien kunnianhimon taso hiilidioksidipäästöjen hillitsemiseen. (ITF 2019.)

Liikenteen palvelujen käyttäjien toteutuneita muutoksia kulkutapajakaumissa

Jos liikenteen palveluja otetaan käyttöön, ne tutkimusten mukaan muuttavat käyttäjien kulkutapajakaumaa merkittävästi. Pohjois-Amerikassa perinteisten yhteiskäyttöautopalvelujen käyttäjien liikennesuorite henkilöautolla on vähentynyt monesti noin kolmanneksen, vaihteluvälin ollessa kuitenkin 8–80 %. Minuuttihinnoiteltujen yhteiskäyttöautojen käyttäjillä liikennesuorite on vähentynyt vähemmän, 6–16 % (Shaheen et al. 2016; 2019a). Kotitalouksilla, joilla ei ollut omistusautoa, liikennesuorite henkilöautolla kasvoi itävaltalaisessa tutkimuksessa 118 %. Lähtötaso liikennesuoritteella oli kuitenkin paljon autollisia kotitalouksia alhaisempi, jolloin kokonaisuutena autottomien kotitalouksien henkilöauto-suoritteen kasvu oli vain kuudesosa autollisten kotitalouksien suoritteen vähenemästä ja kokonaisvähenemä kaikilla yhteiskäyttöautojen käyttäjillä oli 53 % (Steininger et al. 1996).

Vastaavasti kaupunkipyöräpalvelujen käyttäjistä 25–52 % ilmoitti henkilöautolla ajamisen vähentyneen, mutta 8-51 % käyttäjistä ilmoitti myös, ettei ajanut henkilöautolla ennen kaupunkipyörän käyttöäkään. Pyöräilyn kulkutapaosuus on kaupunkipyöräjärjestelmän käyttöön ottaneissa kaupungeissa kasvanut 1–1,5 prosenttiyksikköä. (Shaheen et al. 2016; 2019a.) Kaupunkipyörällä tehdyt matkat korvaavat tyypillisesti kävelyä ja joukkoliikennettä ja henkilöauto- tai taksimatkan korvaa vain 5–25 % pyörämatkoista (Fishman & Allan 2019).

Uudet taksipalvelut (ride-hailing) näyttävät lisänneen liikkumista, 5-12 % matkoista olisi jäänyt tekemättä ilman palvelua (Tirachini 2020). Vapaa-ajan vietto on tärkein matkatyyppi taksipalveluiden käytössä (Tirachini 2020) ja Tirachini & Gomez-Lobo (2019) mukaan Uber on lisännyt matkoja erityisesti alemmissa tuloluokissa öisin, jolloin joukkoliikennepalveluja ei ole ollut saatavilla. Uudet taksipalvelut muokkaavat myös kulkutapojen käyttöä (Tirachini 2020): matkat ovat siirtyneet erityisesti perinteisistä takseista (10-50 %) ja joukkoliikenteestä (8-42 %), mutta myös henkilöautoista (6-26 % kuljettajana; 8-18 % matkustajana) ja pyöräilystä (0-13 %). Joukkoliikenteestä siirtyneiden matkojen suuri osuus kertoo uusien taksipalvelujen olevan joukkoliikenteen substituutti, ja Alemi et al. (2018) mukaan 39-49 % käyttäjistä käyttää joukkoliikennettä vähemmän ja 7-12 % käyttää joukkoliikennettä enemmän uusien taksipalvelujen vuoksi. Tutkimusten mukaan uudet taksipalvelut voidaan siis nähdä myös komplementtina, eli taksipalvelujen käyttö korreloi positiivisesti joukkoliikenteen käytön kanssa (Conway et al. 2018; Skider 2019).

Kulkutapavalinnoissa on kyse mahdollisuudesta käyttää kotitalouden autoa (Tiikkaja & Liimatainen 2021) ja henkilökohtaisista asenteista eri kulkumuotojen käyttöä kohtaan. Monipuolinen kulkutapojen ja liikenteen palvelujen käyttö lisää myös taksipalvelujen käyttöä (Conway et al. 2018; Sikder 2019). Uusien taksipalvelujen arvioidaan kasvattaneen

henkilöautojen liikennesuoritetta, esimerkiksi San Franciscossa puolet henkilöautojen liikennesuorituksen kasvusta 2010-2016 johtui taksipalveluista (Erhardt et al. 2019) ja New Yorkissa taksipalvelujen osuus liikennemääristä nousi 14 prosentista 19 prosenttiin 2013-2016 (Schaller 2017).

ViaVanin ja HSL:n kutsuliikennepilotissa Espoossa palvelun käyttäjistä 41 % käytti kutsuliikennettä osana multimodaalia matkaketjua ja 32 % matkoista alkoi tai päättyi metroasemalle tai lähijuna-asemalle. Pilottiin liittyvässä asiakaskyselyssä käyttäjät mainitsivat korvanneensa yksityisauton käyttöä pilottipalvelulla. Toisaalta iso osa käyttäjistä oli korvannut kävelyn, pyöräilyn tai joukkoliikenteen käytön kutsuliikenteellä. (Via 2021.)

MaaS nähdään useassa selvityksessä merkittävänä tekijänä liikenteen päästöjen vähentämisessä. Kansainvälisessä sidosryhmäkyselyssä 80 % vastaajista arveli, että yksityisautoilu vähenee merkittävästi MaaS-tarjonnan myötä (König et al. 2016). MaaS-kyselyssä milleniaalit myös ilmaisevat, että he viivästyttävät henkilöauton hankintaa MaaS:n johdosta (Kamargianni et al. 2018). MaaS:n saatavuus saattaa myös vaikuttaa positiivisesti kestävien kulkumuotojen käyttöön ja vähentää positiivista asennoitumista henkilöauton käyttöön. Göteborgissa vuosina 2013–2014 toteutettu UbiGo-pilotti on yksi varhaisimpia MaaS-palvelukokeiluita. Kaikissa käyttäjäryhmissä todettiin kokeilun aikana vähentyneen auton käyttö sekä kasvanut joukkoliikenteen ja kävelyn sekä pyöräilyn osuus (Sochor et al. 2016). Toisaalta MaaS:n hyödyt on kyseenalaistettu sillä perusteella, että MaaS ei ainoastaan tarjoa houkuttelevia vaihtoehtoja yksityisautoilulle vaan myös joukkoliikenteelle (mm. Pangbourne et al. 2020).

MaaS:n vaikutuksista suomalaisten todelliseen liikkumiskäyttäytymiseen on vain vähän tietoa kontrolloitujen tutkimusten puuttuessa. Helsingin Seudun Liikenteen marraskuussa 2019 tekemän tarkastelun mukaan yli 95 % HSL:n MaaS-rajapinnan kautta kausilipun ostaneista oli joko ennen tai jälkeen MaaS-rajapinnan kautta ostetun lipun jälkeen ostanut kausilipun myös HSL:n omaa mobiilisovellusta hyödyntäen (HSL 2019). Tämän perusteella MaaS ei olisi ainakaan vielä vuonna 2019 tuonut Helsingin seudulla merkittävästi uusia käyttäjiä joukkoliikenteen pariin.

Vuosina 2019–2020 toteutetussa MaaS-pilotissa Sydneyssä, Australiassa selvitettiin muun muassa asiakkaiden maksuhalukkuutta sekä etenkin MaaS-kuukausipakettien vaikutusta liikkumiskäyttäytymiseen ja yksityisautoiluun. Pilotin tulokset indikoivat MaaS-pakettien merkittävää markkinakysyntää ainakin pilotissa käytetyllä hinnoittelulla. Tutkimuksen kvantitatiiviset tulokset viittaavat MaaS:n houkuttelevan autoilijoita asiakaskunnakseen sekä vähentämään yksityisautoilua johtaen päästöjen ja ruuhkautumisen vähenemiseen. Lisäksi tutkimustulokset indikoivat, että pilotti kerrytti keskimäärin 3kg/CO₂ päästövähennämän jokaista vihreään kannusteeseen kohdennettua dollaria kohden kasvattaen samalla joukkoliikenteen, taksien ja Uberin käyttöä. Yksi pilotin johtopäätöksiä onkin se, että

Pay-as-you-Go-malli ei itsessään todennäköisesti saa aikaan kestäviä muutoksia, vaan tähän tarvitaan riittävät taloudelliset kannustimet esimerkiksi kuukausipakettien muodossa. (Hensher et al. 2021.)

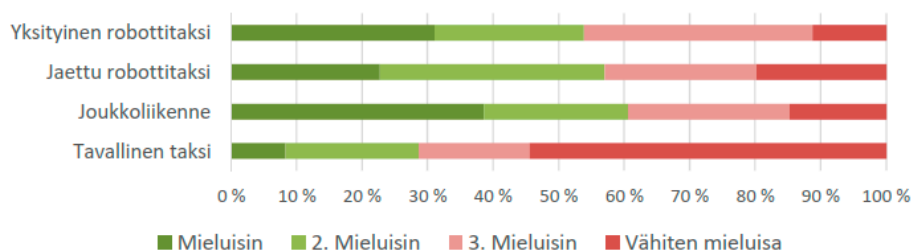
Kyselytutkimusten tuloksia automaattiautojen vaikutuksista kulkutapoihin

Automaattiautot voivat muuttaa merkittävästi suomalaisten kulkutapoja. Kansalaiskyselyn järjestämistehtävissä, joissa vastaajia pyydettiin laittamaan vaihtoehdot kulkutavat kaupunkien sisäisillä 10 kilometrin matkoilla paremmuusjärjestykseen, oma robottiauto arvotettiin omaa tavallista henkilöautoa useammin parhaaksi vaihtoehdoksi, mutta joukkoliikenne oli kumpaakin mieluisampi vaihtoehto. Kun oma auto poistettiin vaihtoehdoista, robottitaksi oli mieluisin vaihtoehto yksityisenä tai jaettuna 55 %:lle vastaajista ja tavallinen taksi selvästi vähiten mieluisa (Kuvio 9). Kyselyt eivät kuitenkaan välttämättä kerro luotettavasti todellisista käyttäytymisen muutoksista. (Liljamo et al. 2018.)

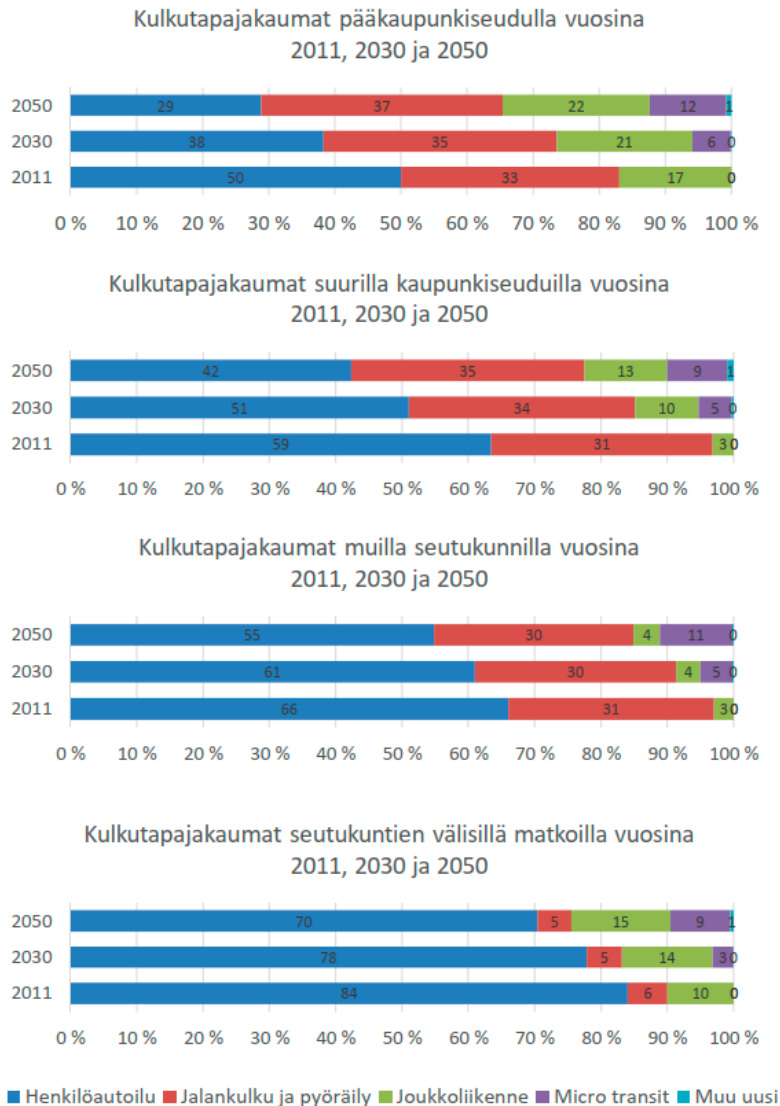
Kuvio 9. Kulkutapojen mielisyys, jos omaa henkilöautoa ei ole käytettävissä (Liljamo et al. 2018).

8. Kuljette 10 km matkan laitakaupungilta keskustaan. Järjestäkää vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 4 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.				
	Yksityinen robottitaksi, jonka kyydissä olen yksin	Jaettu robottitaksi, jonka kyydissä voi olla myös tuntemattomia matkustajia	Joukkoliikenneväline, esimerkiksi linja-auto	Tavallinen taksi, jonka kyydissä matkustetaan yksin
Kustannukset	10 €	5 €	3 €	20 €
Matka-aika	14 min	19 min	30 min	14 min

Kysymys 8 järjestämistehtävä



Loppuvuodesta 2017 noin 50 suomalaista liikenteen asiantuntijaa arvioi automaattiautojen ja liikenteen palvelujen vaikutuksia kulkutapajakaumaan vuoteen 2030 ja 2050 mennessä (Kuvio 10). Asiantuntija-arvioiden mukaan henkilöautojen kulkutapaosuus pienenee merkittävästi ja matkoja korvautuu joukkoliikenteellä, mutta erityisesti uusilla taksipalveluilla ja kutsuliikenteellä. (Liljamo et al. 2018.)

Kuvio 10. Asiantuntijatyöpanon arviot kulkutapamuutoksista eri seutukunnilla (Liljamo et al. 2018).


Yhteenvedon liikenteen palveluistumisen vaikutuksesta liikkumiskäyttämiseen voidaan tämän työn näkökulmasta sanoa seuraavaa:

- Uusien liikkumispalveluiden osalta haasteena on se, että palveluiden nykyiset käyttäjät ovat suurelta osin "first movereita", jotka käyttäytyvät eri tavoin kuin myöhemmin palveluiden piiriin tulevat suuret massat. Näin ollen nykyisiin palveluihin pohjautuvissa arvioissa vaikutukset liikkumiskäyttämiseen eivät välttämättä vastaa tulevaa liikkumiskäyttämistä.

- Kirjallisuudessa kuvatuista liikenteen palveluistuminen vaikutuksista liikku-
miskäyttäytymiseen saadaan lähtökohtia liikenteen palveluistumisen skena-
rioihin sekä vertailukohtaa työn liikennemallitarkasteluissa saataville kulku-
muotosiirtymille joskin on huomioitava, että vaikutusten arvioinnissa hajonta
on ollut hyvinkin suurta.

3.3 Liikenteen palveluistuminen Suomessa

Liikenteen palveluistumisen kehittymiseen Suomessa ja muualla maailmalla seuraavien vuosikymmenien aikana liittyy monia epävarmuustekijöitä. Eri toimijoilla on erilaisia näkemyksiä palveluistumisen kehityssuunnasta ja myös erilaisia vaikutusmahdollisuuksia kehityssuuntaan. Esimerkiksi Mladenović ja Haavisto (2021) ovat selvittäneet tutkimuksessaan ei-kaupallisten toimijoiden näkemyksiä MaaS:n kehityssuunnista Suomessa. Toimijoilla on eriäviä näkemyksiä siitä, soveltuuko MaaS paremmin suuriin kaupunkeihin vai harvemmin asutuille alueille. Harvaan asutuilla alueilla nähdään, että MaaS-palveluiden tuottaman datan avulla on mahdollista tehostaa liikennepalveluiden tarjontaa, mutta toisaalta koetaan, ettei harvaan asutuilla alueilla ole riittävää kysyntävolyymia tai palvelukirjoa tehokkaan MaaS-palvelun tarjoamiseksi. Suurissa kaupungeissa on kysyntävolyymia ja kattavampi palvelukirjo, mutta toisaalta myös jo ennestään hyvät joukkoliikenteen palvelut sekä mahdollisuus saavuttaa aktiviteetteja kävelen.

Tämän selvityksen yhteydessä liikennealan toimijoille ja liikenteen palveluistumisen asiantuntijoille järjestetyssä työpajassa arvioitiin palveluistumisen merkitystä Suomessa vuosina 2030 ja 2045. Työpajan osallistujien näkemykset liikenteen palveluistumisesta saattoivat kuitenkin erota huomattavasti toisistaan, mistä johtuen alla on esitetty olennaisimmat havainnot, jotka tukevat skenaariokuvauksien muodostamista.

- Autonomisen liikenteen arvioitiin olevan vuoteen 2030 mennessä käytössä vain helposti hallittavissa ympäristöissä, kuten rajatuilla kaupunkialueilla tai harvaan asutuilla alueilla. Sen sijaan vuonna 2045 sen arvioitiin olevan jo laajasti käytössä.
- Liikenteen autonomisoitumisen vuoteen 2045 mennessä nähtiin myötävaikuttavan siihen, että kutsuliikenne ja taksiliikenne saavat merkittävän roolin niin kaupunkialueilla kuin harvaan asutuilla alueilla. Autonomisten autojen yleistymisen muuttaa yhteiskäyttöautot käytännössä taksiliikenteeksi, joten yhteiskäyttöautoja ei uskottu enää olevan nykymuodossaan vuonna 2045.
- Vuoteen 2030 mennessä liikenteen palveluistuminen nähtiin kasvavan suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa yhteiskäyttöautojen sekä yhteiskäyttöisten polkupyörien ja sähköpotkulautojen muodossa. Kahden jälkimmäisen kysyntä ja tarjonta kasvavat jatkavat kasvua vuoteen 2045.

- Harvaan asutuilla alueilla liikenteen palveluistumisen merkitys on vähäistä muissa liikkumispalveluissa paitsi kutsuliikenteessä, jossa sillä on merkittävä rooli perinteisen joukkoliikenteen korvaajana sekä yhdistettynä taksiliikenteen kanssa lakisääteisiin yhteiskunnan korvaamiin kuljetuksiin.
- Perinteisen joukkoliikenteen uskottiin pääosin säilyvän kaupungeissa kestävä liikumisen ja liikennepalveluiden selkärankana vuosina 2030 ja 2045.
- Kimppakyytien suurin potentiaali nähtiin olevan harvaan asutuilla alueilla.
- MaaS on vuonna 2030 käytössä laajalti erityisesti suurissa kaupungeissa, mutta MaaS tuottaa saumattomia matkaketjuja myös kaukoliikenteeseen. Harvaan asutuilla alueilla yhteiskunnan maksamien kuljetusten tehokkaampi käyttö on olennaista MaaS:in toteutumisen kannalta. Kokonaisuudessaan MaaS:in vaikutus ihmisten liikkumiskäyttäytymiseen arvioitiin kuitenkin vähäiseksi. Vuonna 2045 MaaS on kehittynyt eteenpäin, kattaa kaikki kulkumuodot ja MaaS:in kautta ostetaan suurissa kaupungeissa merkittävä osa liikkumispalveluiden matkoista.
- Vuonna 2030 eri kulkumuotoja yhdistäviä matkaketjuja on helpompi tehdä, kun digitaaliset matkaketjujen optimointijärjestelmät ja matkustajatietopalvelut ovat kehittyneet, sekä asemanseutuihin ja liityntäpysäkki- ja liityntäpysäköintimahdollisuuksiin on panostettu. Vuonna 2045 lippu- ja reittipalveluiden kattavuuden uskottiin olevan täydellinen, ja matkaketjujen olevan vakuutettuja epäonnistuvien matkaketjujen varalle.

Lisäksi selvityksen yhteydessä kysyttiin kansainvälisten kutsuliikenteen palveluntarjoajien näkemyksiä kutsuliikenteen tilasta Suomessa suurissa kaupungeissa, keskisuurissa kaupungeissa ja harvaan asutuilla alueilla vuosina 2030 ja 2045. Saatujen vastausten perusteella autonomisen liikenteen kehittyminen on puuttuva tekijä taloudellisesti kannattavan ja asiakkaita houkuttelevan kutsuliikenteen tarjoamiseksi. Vuonna 2030 autonomisen liikenteen uskotaan vielä olevan Suomessa rajatusti käytössä ja lähinnä suurissa kaupungeissa, sillä käyttöönoton kustannukset edellyttävät palvelun laajaa käyttöä. Kutsuliikenteen palvelujen sen sijaan nähdään kehittyvän seuraavina vuosina erityisesti keskisuurissa kaupungeissa ja harvaan asutuilla alueilla, sillä palveluntarjoajat näkevät niillä alueilla paljon potentiaalia kehittää palveluitaan ja kutsuliikenteen arvolupausta julkisille tahoille ja loppukäyttäjille. Digitaalisten palveluiden kehittyminen ja julkisten tahojen pyrkimykset vähäpäästöisempiin liikennepalveluihin tekevät kutsuliikenteestä monesti henkilöautoa houkuttelevamman vaihtoehdon.

Sen sijaan vuonna 2045 kansainväliset toimijat uskovat autonomisen liikenteen olevan laajasti käytössä, jolloin kutsuliikenteen palveluita on mahdollista tarjota kustannustehokkaasti myös pienemmän kysynnän aikoina, ja kutsuliikenteellä on mahdollista korvata yksityisautoilua ja varsinkin huonosti kannattavia kiinteälinjaisia joukkoliikenneyhteyksiä.

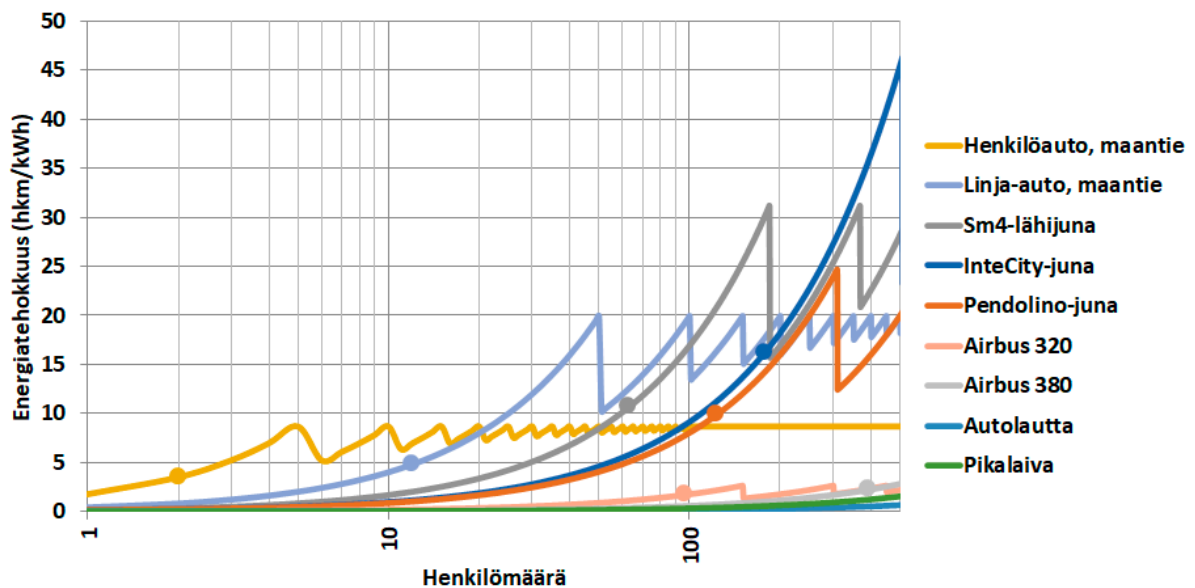
Tätä kautta kutsuliikenteen halpeneva hinta ja lisääntynyt saatavuus lisäävät merkittävästi palveluiden kysyntää.

Tässä luvussa kuvatut liikennealan toimijoiden ja liikenteen palveluistumisen asiantuntijoiden sekä kansainvälisten kutsuliikenteen palveluntarjoajien näkemykset toimivat kirjallisuuskatsauksen lisäksi lähtökohtana liikenteen palveluistumisen skenaariomuodostukselle.

3.4 Uusien liikkumispalveluiden keskikuormitus

Liikkumispalveluiden keskikuormitus, eli keskimääräinen henkilö määrä ajoneuvossa, on osa palveluiden energiatehokkuutta. Mitä suurempi on keskikuormitus, sitä vähemmällä määrällä ajoneuvokilometrejä voidaan tyydyttää tietty määrä matkustajakilometrejä. Suurempi keskikuorma mahdollistaa suuremman energiatehokkuuden ja sitä kautta suuremman potentiaalisen liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Kuvio 11 havainnollistaa kuormituksen merkitystä ajoneuvojen käytönaikaiselle energiatehokkuudelle Suomessa VTT:n LIPASTO-päästötietokannan yksikköpäästötietojen avulla.

Kuvio 11. Kulkuvälineiden energiatehokkuus eri henkilö määrillä, kun käytetään pienin mahdollinen määrä kulkuvälineitä. Pallot kuvaavat keskimääräistä kuormitusta. (Data: VTT LIPASTO)



Palvelukokeilut ovat usein vielä pienimuotoisia, eikä niissä päästä merkittäviin keskikuormiin. Simuloinneissa sen sijaan on mahdollista tarkastella, mikä voisi olla laajan skaalan palveluiden keskikuorma. Esimerkit jaettujen sähköpotkulautojen palvelujulkistuksista ovat toisaalta osoittaneet, että vaikka palveluiden käyttöön liittyy vielä ratkaisemattomia ongelmia niin ne ovat osoittautuneet toimivaksi ratkaisuksi syöttöliikenteeseen muihin kulkumuotoihin, ja niiden kysyntä ja tarjonta voivat kasvaa erittäin nopeasti (ITF 2020).

Kutsuliikenne terminä sisältää käytännössä kaksi toisistaan poikkeavaa käyttötarkoitusta. Harvaan asutuilla alueilla kutsuliikenteellä pyritään tyydyttämään liikkumisen perustarpeet joustavammin ja kustannustehokkaammin kuin kiinteällä joukkoliikenteellä, jossa tarjonta on vaikeaa suunnitella joustamaan pienen kysynnän mukaan. Suurissa kaupungeissa kutsuliikenteen tavoitteena on usein kuitenkin tuottaa henkilöautoiluun ja taksiliikenteeseen verrattavaa palvelua siten, että palvelun ajoneuvotehokkuus on merkittävästi ko. palveluita suurempi ja näin ollen saadaan mahdollisuus merkittäviin positiivisiin päästövaikutuksiin (mm. Sihvola, Häme ja Sulonen 2010 ja Jokinen et al. 2011). Ajoneuvotehokkuuden kasvussa merkittävässä osassa ovat sekä kysyntä- että tarjontatiheyden kasvun myötä saavutettavat skaalaedut. New Yorkin taksidatalla tehdyissä simuloinneissa jaettujen taksien palvelussa (kutsuliikenne) ajoneuvokilometrit vähenivät 40 % ilman, että palvelutaso laski merkittävästi (Santi et al. 2014). International Transport Forum (ITF 2020) on puolestaan käyttänyt taksipalvelun (ride-hailing) keskikuormana 0,95 matkustajakilometriä per ajoneuvokilometri laskiessaan kulkumuotojen päästövaikutuksia, kun yksityisauton keskikuormituksenä käytettiin 1,5:tä.

Autonominen liikenne tulee aikanaan merkittävästi mullistamaan liikennepalveluiden luonnetta. Esimerkiksi yhteiskäyttöautojen ja taksipalveluiden ero käytännössä häviää, jos ajoneuvo itse ajaa matkan lähtöpaikkaan ja vastaa myös ajamisesta määränpäähän. ITF on tehnyt simulointeja autonomisten robottitaksien (yhteiskäyttöautojen) ja kutsuliikenteen (jaetut taksit) vaikutuksista, mikäli niillä korvattaisiin mallinnettuja henkilöauto- ja taksimatkoja ja käytössä joko olisi tai ei olisi massajoukkoliikennettä. Lissabonin (asukasluku noin 565 000) mallinuksissa (ITF 2015) kutsuliikenteellä yhdistettynä massajoukkoliikenteeseen saatiin korvattua 90 % autoista. Merkittävää on kuitenkin huomata, että ajoneuvokilometrit lisääntyivät tässä skenaariossa 6 %:lla nykyiseen nähden, sillä osa nykyisistä joukkoliikennematkoista korvaantui kutsuliikenteellä, jossa keskikuorma on massajoukkoliikennettä merkittävästi alhaisempi. Robottitaksi ilman massajoukkoliikenteen tukea lähes tuplasi ajoneuvokilometrit nykyiseen nähden. Suuri tarjonta takasi matkustajille kutsuliikenteessä erittäin pienet odotusajat, vaikka matkat yhdistyivätkin toisten matkojen kanssa samaan ajoneuvoon. Jatkotutkimuksessa (ITF 2016) tarkasteltiin erilaisten automatisoitujen kutsuliikenne-skenaarioiden vaikutuksia kuusipaikkaisista jaetuista takseista 16-paikkaisiin minibusseihin. Mallinnustulosten perusteella kutsujoukkoliikenteellä on mahdollista saavuttaa merkittäviä positiivisia ulkoisvaikutuksia ruuhkien ja päästöjen vähenyessä. Kokonaisajoneuvokilometrit vähenivät 37 %:lla jopa huipputunteina. Matkustajille

kutsuliikennepalvelu on jopa 50 % nykyistä halvempi, vaikka palvelu ei saisi subventiota ja lisäksi lähes kaikki matkat olivat vaihdottomia. Simulointeja laajennettiin edelleen koskemaan Lissabonin koko metropolialuetta (ITF 2017). Näissä tuloksissa korostuu kutsuliikenteen potentiaali toimia syöttöliikenteenä runkojoukkoliikenteeseen, ja tuloksissa ajoneuvokilometrit vähenivät metropolialueella 55 %, kun Lissabonin kaupunkialueen simuloinneissa vähenemä oli 44 %.

Helsingin seudulle tehdystä simulointitutkimuksessa huomataan skaalaedun vaikutus kutsuliikenteen tehokkuuteen ja sitä kautta potentiaalisiin päästövaikutuksiin. Mitä suurempi on kysyntä- ja tarjontatiheys, sitä suurempi on myös keskitäyttö ja ajoneuvotehokkuus. Suurempi ajoneuvotehokkuus puolestaan johtaa pienempään määrään ajoneuvoja saman matkatarpeen tyydyttämiseksi. Esimerkiksi skenaariossa, jossa kaikki henkilöautomatkat Helsingin metropolialueella kyettiin palvelemaan noin 20 000 kutsuliikenneajoneuvolla tarkoittaa saman matkamäärän palvelemista noin 4 %:lla nykyisestä henkilöautomäärästä. Kutsuliikenteen keskitäyttö vaihteli tuolloin jaetun taksin 2,32:sta 16-paikkaisen kutsuliikenneauton 8,94:ään. (ITF 2017b.)

ALPIO-hankkeessa on toteutettu kutsuliikennekokeiluja eri puolilla Suomea erityisesti harvaan asutuilla alueilla. Piloteissa onnistuttiin säästämään noin puolen vuoden aikana ajokilometrejä yhdistelyn seurauksena keskimäärin 9,6 % ja palveluiden yhdistelyasteet minibusseilla vaihtelivat 1,17:stä Loviisassa 2,58:aan Mikkelissä (VTT 2019).

Digitaalisten palveluiden ja eri kulkumuotojen entistä paremman yhteensovittamisen kautta matkaketjut vastaavat entistä paremmin ovelta-ovelle matkatarpeeseen. Matkaketjujen päästövaikutukseen vaikuttaa luonnollisesti, mitä kulkumuotoja matkaketjun osavaiheisiin sisältyy. Kestävän liikkumisen näkökulmasta lähtökohtaisesti pyritään siihen, että suurimman keskikuorman omaava (runko)joukkoliikenne muodostaisi mahdollisimman ison osan matkaketjuista. Jos syöttö (runko)joukkoliikenteeseen tehdään yhteiskäyttöisillä sähköpotkulaudoilla tai polkupyörillä, on lopputuloksena vastaavat elinkaaripäästöt matkustajakilometriä kohden kuin jos matka olisi tehty pelkästään joukkoliikenteellä (ITF 2020). Jos taksipalveluita käytetään syöttöliikenteenä (runko)joukkoliikenteeseen, ovat elinkaaripäästöt matkustajakilometriä kohden pienemmät kuin henkilöautoilussa, varsinkin jos joukkoliikenneosuus on vähintään puolet matkan pituudesta (ITF 2020).

Tässä luvussa kuvattua kirjallisuutta on käytetty pohjana tämän työn liikennemallikuvauksen parametriarvoille (kts. Luku 5.2) erityisesti taksiliikenteen ja kutsuliikenteen keskikuormien ja palvelutason osalta.

3.5 Liikennepalveluiden käyttövoima ja päästövaikutukset

Perinteisten, eli samaan nouto- ja palautuspaikkaan perustuvien yhteiskäyttöautopalvelujen on todettu vähentävän käyttäjien liikenteen hiilidioksidipäästöjä 13–54 %, josta liikennesuorituksen vähenemästä aiheutuu noin 2/3, yhteiskäyttöautojen yksityisautoja alhaisempien yksikköpäästöjen myötä noin 1/3 ja toisaalta käyttäjien joukkoliikenteen käytön päästöt hieman kasvavat. Päästömäärinä vähenemän on arvioitu olevan 0,2–0,9 hiilidioksiditonnia vuodessa per käyttäjä. (George & Julsrud 2019, Shaheen et al. 2019a, Nijland & van Meerkerk 2017, Laakso 2017.) Kaupunkipyöräpalvelujen on arvioitu vähentäneen liikenteen päästöjä 0,4–1,8 kg per kaupunkipyörällä ajettu matka, eli 3–12 km keskipäästöisellä henkilöautolla ajettua matkaa vastaavan päästön verran (Shaheen et al. 2016; 2019a).

Vaikka liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen arvioidaan vähenevän merkittävästi liikennepalvelujen käyttäjillä, koko maan tasolla päästövähennykset jäävät vähäisiksi, koska käyttäjien osuus asukkaista jää pieneksi. Saksalaisessa mallinnuksessa liikennepalvelujen arviointiin voivan vähentää liikenteen päästöjä pessimistisessä skenaariossa 25 kg ja optimistisessä skenaariossa 78 kg per asukas vuodessa. Kun potentiaalinen käyttäjäkunta rajautuu tiettyyn osaan saksalaisesta kaupunkiväestöstä, kokonaispäästövähennys oli mallinnuksen mukaan 0,6–1,8 Mt vuodessa, mikä vastaa 0,4–1,1 % Saksan vuosittaisista liikennepäästöistä (146 Mt). Liikennepalveluihin sisältyivät mm. joukkoliikenteen informaation parantaminen ja sähköiset lipputuotteet, kutsujoukkoliikenne iltaisin ja öisin, yhteiskäyttöautot ja kimpakyydit. (Grishkat et al. 2014.) Eteläkorealaisessa mallinnuksessa yhteiskäyttöautojen päästövaikutusten osoitettiin riippuvan vahvasti sähköautojen osuudesta yhteiskäyttöautoista. Ilman sähköautoja yhteiskäyttöautot voivat hieman kasvattaa päästöjä, mutta sähköautoilla päästöt voivat vähentää vuosittaisia liikenteen kokonaispäästöjä 2 % (1,6 Mt), kun mallinnuksessa otettiin huomioon myös sähkön tuotannon päästöt korkealla päästökertoimella. (Jung & Koo 2018.) Kiinalaisessa tutkimuksessa tarkasteltiin DiDi Chuxingin liikkumispalvelujen vaikutuksia päästöihin ja havaittiin päästöjen kasvaneen 0,9 Mt vuodessa, koska vanhusten ja vammaisten liikkumisen kasvusta aiheutuneet lisäpäästöt (1,5 Mt) olivat suuremmat kuin kulkutapojen vaihtamisesta aiheutuneet päästövähennykset (0,5 Mt). Kokonaisvaikutus Kiinan liikennepäästöihin on kuitenkin erittäin vähäinen. (Yi & Yen 2020).

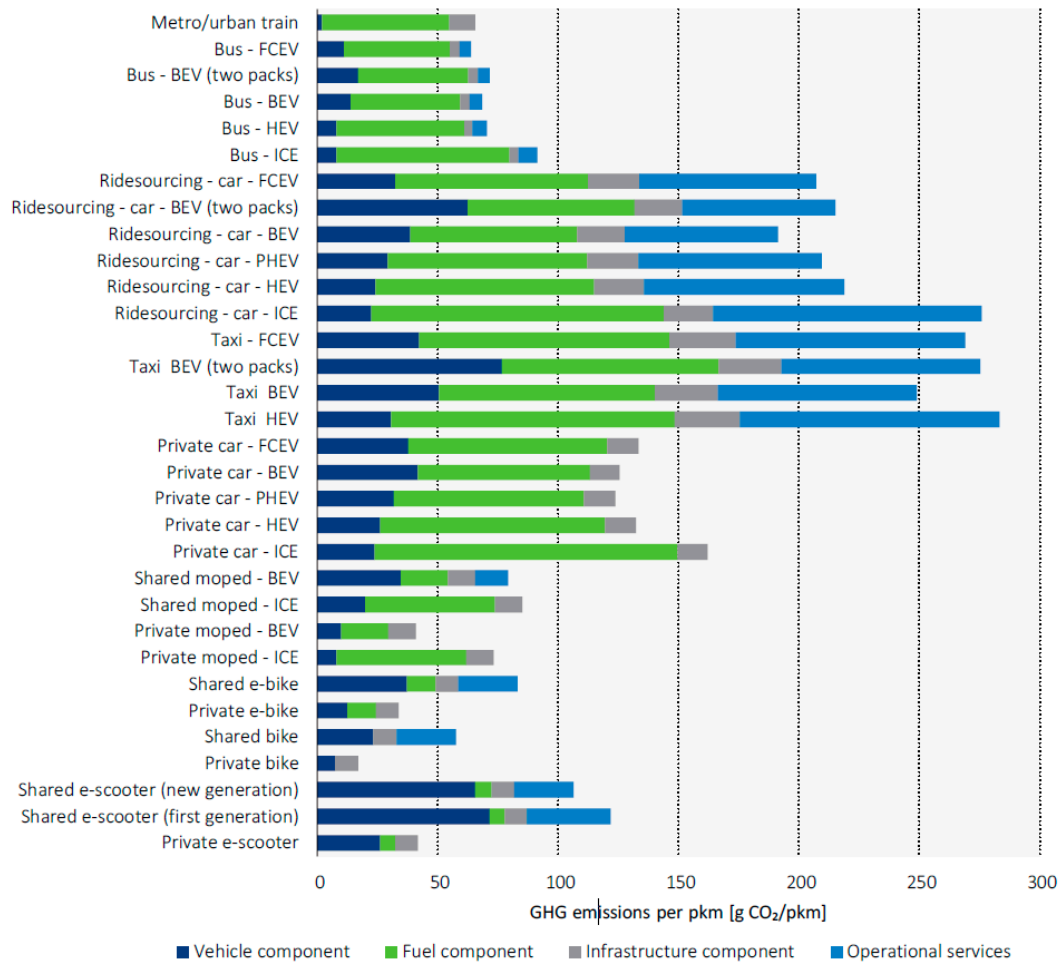
Uusien taksipalvelujen todettiin yllä lisänneen henkilöautojen liikennesuoritetta, mikä on johtanut myös päästöjen kasvuun. Pitkällä aikavälillä taksipalvelujen päästövaikutus riippuu siitä, korvaavatko ne omistusautoja vai joukkoliikennettä. Omistusautoja korvatesaan autojen nopeampi kierto voi vähentää päästöjä, jos taksipalveluissa käytetyt autot ovat vähäpäästöisempiä kuin omistusautot ja ilman matkustajaa ajettun suorituksen määrä pysyy kohtuullisena. (Tirachini 2020.) Jaettujen automaattiautojen ja kutsuohjautuvien automaattibussien varaan perustuvan kaupunkiliikenteen on arvioitu voivan vähentää henkilöliikenteen energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä 40–80 %, mutta automaatio voi myös

kasvattaa liikennesuoritetta, jolloin energiankulutus voi kasvaa merkittävästi (Martinez & Viegas 2017, Faisal et al. 2019, Davison et al. 2014, Greenblatt & Shaheen 2015, Butler et al. 2020, Oh et al. 2021).

Liikenteen palveluistumisen myönteisten päästövaikutuksien saamista edesauttaa palvelua tuottavissa ajoneuvoissa siirtyminen vähäpäästöisiin ajoneuvoihin. Siirtyminen polttomoottoriautoista sähköautoihin merkitsee kuitenkin myös uusia haasteita, kun ajoneuvoja on ladattava ja toimintasäde saattaa rajoittaa optimaalista liikennöintiä. ITF:n simuloineissa (2015) sähköautoilla toteutetussa kutsuliikenteessä tarvittiin noin 2 % suurempi ajoneuvomäärä kuin polttomoottoriautoilla toteutetussa palvelussa. On kuitenkin otettava huomioon, että akkuteknologia on kehittynyt jo raportin julkaisun jälkeen huomattavasti.

Liikenteen päästöinventaariossa uusiutuvat polttoaineet ja sähköenergia lasketaan käytön aikana nollapäästöiseksi. Myös tässä raportissa käytetään tätä rajausta ja esimerkiksi sähköautolla tehtävät taksimatkat, kaupunkipyörät ja sähköpotkulaudat ovat päästöttömiä.

Elinkaaritarkastelussa (Kuvio 12) kulkumuotojen päästöissä otetaan huomioon paitsi ajoneuvojen käytön, myös niiden valmistuksen ja kierrätyksen (Vehicle component, akut mukaan lukien), energian tuotannon (Fuel component, TTW + WTT, Well-To-Tank), infrastruktuurin (Infrastructure component) ja palvelujen toimivuuden varmistamiseksi tarvittavan liikenteen, kuten kaupunkipyörien siirto asemille ja taksien ajo ilman matkustajaa (Operational services) päästöt. Elinkaaritarkastelussa korostuvat siten akkujen valmistuksen päästöt niitä käyttävien palvelujen osalta ja palvelujen toimivuudeksi tarvittavan liikenteen päästöt, erityisesti kaupunkipyöriin, sähköpotkulautoihin ja taksipalveluihin liittyen. Kuvassa on otettava huomioon, että laskennassa käytetyt sähköntuotannon päästökertoimet (Fuel component, WTT) perustuvat yhdysvaltalaisiin lukuihin, jotka ovat merkittävästi suuremmat kuin suomalaiset sähköntuotannon päästöt. (ITF 2020.)

Kuvio 12. Keskimääräiset arviot urbaanien kulkumuotojen elinkaaripäästöistä per matkustajakilometri (ITF 2020).


Yllä oleva kuva perustuu myös tiettyihin oletuksiin käyttäjämääristä, eli henkilökilometreistä ajoneuvoa ja liikennesuoritetta kohti. Näillä oletuksilla on merkittävä vaikutus päästötasoon, kuten edellisessä luvussa todettiin.

Tässä luvussa kuvattuja liikennepalveluiden päästövaikutuksia voidaan käyttää vertailukohtana tässä työssä saaduille arvioille liikenteen palveluistumisen kasvihuonekaasupäästövaikutuksille. Liikennepalveluiden elinkaaripäästöihin, energiatehokkuuteen ja käyttövoimaan liittyviä tietoja on käytetty pohjana liikennemallinnuksessa uusien liikkumispalveluiden osalta.

4 Liikenteen palveluistumisen skenaariot

4.1 Skenaarioiden lähtökohdat

Liikenteen palveluistumisen skenaarioissa kuvataan, kuinka liikenteen palveluistumisen eri muodot otetaan käyttöön eri alueilla vuoteen 2030 ja 2045 mennessä, ja kuinka ne vaikuttavat palveluiden tarjontaan, sitä kautta palveluiden hintaan ja palvelutasoon ja edelleen autonomistukseen. Perusskenaariossa (Skenaario 1) on kuvattu oletettu liikenteen palveluistuminen. Toisessa skenaariossa on kuvattu oletettua vähäisempi liikenteen palveluistuminen (Skenaario 2) ja kolmannessa oletettua merkittävämpi liikenteen palveluistuminen (Skenaario 3).

Liikenteen automatisoituminen on taustatekijä, joka vaikuttaa merkittävästi liikennepalveluiden kustannusrakenteeseen suhteessa yksityisauton omistukseen, mutta myös liikkumispalveluiden mahdolliseen toteutustapaan. Työn skenaarioissa on lähdetty siitä, että vielä vuonna 2030 autonominen liikenne ei ole kehittynyt siinä määrin, että sillä olisi merkittävää vaikutusta palveluistumiseen ja sen vaikutuksiin. Kutsuliikenteessä autonomisia ajoneuvoja hyödynnetään lähinnä rajatuilla alueilla syöttöliikenteessä perinteiseen joukkoliikenteeseen. Yhteiskäyttöautojen osalta autonominen liikenne ei vielä mahdollista ajoneuvon itsenäistä saapumista kysynnän luo. Vuonna 2045 sen sijaan autonominen liikenne on otettu käyttöön laajamittaisesti ja sillä on merkittävä vaikutus liikenteen palveluistumiseen.

4.2 Skenaario 1: Oletettu palveluistuminen

Muutos autonomistuksessa on olennainen osa liikenteen palveluistumisen skenaariota. Autosta luopuminen on oletettavasti vaikeampi päätös kuin auton hankkimatta jättäminen. Niinpä skenaariossa oletetaan, että autonomistus on vähentynyt erityisesti siksi, että nykyiset nuoret ovat jättäneet auton hankkimatta tai ainakin viivästyttäneet sen hankintaa. Nykyiset nuoret ovat vuoteen 2030 mennessä, ja erityisesti vuoteen 2045 mennessä, tottuneet autottomaan elämään sekä liikennepalveluiden sujuvaan ja monipuoliseen käyttöön erityisesti kaupungeissa. Myös useat seniorikansalaiset (usein riippumattomissa perhekunnissa) suurissa kaupungeissa ovat luopuneet henkilöautostaan, sillä autolla ajaminen koetaan kuormittavana ja turvallisuusriskinä.

Perhesidonnaisilla henkilöillä henkilöautosta luopuminen tai henkilöauton hankkimatta jättäminen on vaikeampi päätös. Samoin työsidonnaisuus vaikeuttaa henkilöautosta

luopumista. Useamman auton omistavat ruokakunnat luopuvat todennäköisemmin toisesta autostaan kuin yhden auton ruokakunnat ainoasta autostaan.

Skenaariossa oletetaan, että vuonna 2030 liikennepalveluiden kasvanut kysyntä ja sitä kautta kasvanut tarjonta on lisännyt mahdollisuuksia autottomaan elämään erityisesti suurissa kaupungeissa. Harvaan asutuilla alueilla koetaan edelleen monissa tapauksissa oltavan yksityisautosta riippuvaisia. Oletettu autonomistuksen väheneminen on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Oletettu autonomistuksen väheneminen erilaisissa ruokakunnissa ja alueittain vuonna 2030 liikenteen palveluistumisen seurauksena.

	Perhe- ja työsidonnaiset ruokakunnat	Perhe- tai työsidonnaiset ruokakunnat	Riippumattomat ruokakunnat
Suuret kaupungit, ruokakunnassa 1 auto	2% luopuu autosta	4% luopuu autosta	15% luopuu autosta
Suuret kaupungit, ruokakunnassa useita autoja	4% luopuu yhdestä autosta ja 1% kaikista autoista.	8% luopuu yhdestä autosta ja 2% kaikista autoista.	20% luopuu yhdestä autosta ja 10% kaikista autoista.
Keskisuuret kaupungit, ruokakunnassa 1 auto	1% luopuu autosta	5% luopuu autosta	5% luopuu autosta
Keskisuuret kaupungit, ruokakunnassa useita autoja	2% luopuu yhdestä autosta ja 0% kaikista autoista.	4% luopuu yhdestä autosta ja 0% kaikista autoista.	8% luopuu yhdestä autosta ja 4% kaikista autoista.
Harvaan asutut alueet	Ei muutosta autonomistuksessa liikenteen palveluistumisen seurauksena.		

Vuonna 2045 autonomisen liikenteen myötä liikennepalveluiden tarjonta on mullistunut ja erityisesti kutsuliikenteen ja taksiliikenteen palvelutaso ja hinta ovat laskeneet merkittävästi yksityisautoon nähden. Tähän vaikuttaa erityisesti se, että autonomisen auton hankintahinta on merkittävästi nykyistä autoa kalliimpi. Näin ollen skenaariossa oletetaan, että vuonna 2045 autonomistus on laskenut merkittävästi ja lähinnä suuren tulotason (kotitalouden vuosibruttotulot enemmän kuin 80 000 euroa) kotitalouksissa on varaa autonomisen yksityisauton omistukseen:

- Suurissa kaupungeissa muista kuin suuren tulotason ruokakunnista 40% on luopunut kokonaan autonomistuksesta

- Suurissa kaupungeissa suuren tulotason ruokakunnista 15% on luopunut kokonaan autonomistuksesta.
- Suurten kaupunkien ulkopuolella muista kuin suuren tulotason ruokakunnista 30% on luopunut kokonaan autonomistuksesta
- Suurten kaupunkien ulkopuolella suuren tulotason ruokakunnista 10% on luopunut kokonaan autonomistuksesta.

Tässä selvityksessä on oletettu, että liikennepalveluissa käytettyjen ajoneuvojen käyttövoima ja päästökertoimet ovat vastaavat kuin yksityisautoilla. Sähköautot ovat Suomessa jo tällä hetkellä elinkaarikustannuksiltaan polttomoottoriautoja halvempia noin 150 000-200 000 km ajon jälkeen (autokalkulaattori.fi) ja sähköbussuja on Suomessa saatu paikallisjoukkoliikenteeseen kilpailutuksissa, joissa niitä ei ole edellytetty (<https://yle.fi/uutiset/3-11707734>). Näin ollen skenaarioon on tehty herkkyystarkastelu, jossa vuoteen 2030 mennessä kaikki taksit, kutsuliikennevälineet ja paikallisbussit sekä kaupunkipyörien ja sähköpotkulautojen siirtämiseen ja huoltamiseen käytetyt pakettiautot ovat täyssähköautoja ja siten päästöttömiä.

Taulukko 5. Työssä muodostettu näkemys oletetusta liikenteen palveluistumisesta teemoittain vuosille 2030 ja 2045.

Teema	2030	2045
Autonvuokraus ja yhteiskäyttöautot	<p>Suurissa kaupungeissa yhteiskäyttöautot ovat laajasti käytössä (ml. taloyhtiöiden ja yritysten tarjoamat autot), jolloin saatavuus on hyvä lyhyen kävelymatkan sisällä.</p> <p>Autottomille talouksille yhteiskäyttöauto on kustannustehokas vaihtoehto satunnaiseen henkilöauton tarpeeseen.</p> <p>Yhteiskäyttöautopalveluiden hintataso on nykyisen kaltainen (muuttuvat kustannukset henkilöautoilua suuremmat). Yhteiskäyttöautot ovat sähköistettyjä ajoneuvoja.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa sähköistetyt yhteiskäyttöautot ovat niin ikään helppo vaihtoehto yksityisautolle, mutta tarjonta on merkittävästi suuria kaupunkeja pienempää.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöautoja tarjotaan pienimuotoisesti lähinnä taloyhtiöiden ja mahdollisesti yritysten toimesta.</p>	<p>Autonomiset autot poistavat eron yhteiskäyttöautojen ja taksipalveluiden väliltä ja näin ollen yhteiskäyttöautopalveluita ei nykymuodossaan ole olemassa.</p>
Yhteiskäyttöiset polkupyörät	<p>Suurissa kaupungeissa kaupunkipyörät ovat keskeinen liikennepalvelu. Pyörien saatavuus on parantunut ja niitä on käytössä myös talvisin.</p> <p>Tarjolla on myös yhteiskäyttöisiä sähköpyöriä, mikä mahdollistaa yhteiskäyttöisten polkupyörien käytön entistä pitemmillä matkoilla.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa on myös tarjolla kaupunkipyöriä ja muita yhteiskäyttöisiä polkupyöriä mutta pienimuotoisempaa kuin suurissa kaupungeissa.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöisillä pyörillä ei ole merkittävää roolia.</p>	<p>Oletus on, etteivät pyörät osaa liikkua autonomisesti paikasta toiseen (muun muassa tarjonnan ja kysynnän tasaamiseksi).</p> <p>Suurissa kaupungeissa kaupunkipyörät ovat keskeinen liikennepalvelu. Saatavuus on samalla tasolla kuin 2030.</p> <p>Tarjolla on myös yhteiskäyttöisiä sähköpyöriä, mikä mahdollistaa yhteiskäyttöisten polkupyörien käytön entistä pitemmillä matkoilla.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa on myös tarjolla kaupunkipyöriä ja muita yhteiskäyttöisiä polkupyöriä mutta pienimuotoisempaa kuin suurissa kaupungeissa</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöisillä pyörillä ei ole merkittävää roolia.</p>

Teema	2030	2045
<p>Yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat</p>	<p>Suurissa kaupungeissa yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen käyttö on kasvanut nykyisestä ja päivittäiset ajomäärät ovat kymmenissä tuhansissa per suuri kaupunki. Tarjonta keskusta-alueilla kävelyetäisyydellä ja laita-alueilla julkisen liikenteen pysäkkien lähetyvillä.</p> <p>Free floating –palveluja tarjotaan edelleen, mutta pääpaino on asemallisissa palveluissa.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa tarjotaan myös yhteiskäyttöisiä sähköpotkulautoja mutta pienimuotoisempana kuin suurissa kaupungeissa.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla käyttö ja kilpailu toimijoiden kesken on vähäistä.</p>	<p>Oletus on, etteivät sähköpotkulaudat osaa liikkua autonomisesti paikasta toiseen (muun muassa tarjonnan ja kysynnän tasaamiseksi).</p> <p>Suurissa kaupungeissa yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen käyttö on kasvanut nykyisestä ja päivittäiset ajomäärät ovat kymmenissä tuhansissa per suuri kaupunki. Tarjonta keskusta-alueilla kävelyetäisyydellä ja laita-alueilla julkisen liikenteen pysäkkien lähetyvillä.</p> <p>Free floating –palveluja tarjotaan edelleen, mutta pääpaino on asemallisissa palveluissa.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa tarjotaan myös yhteiskäyttöisiä sähköpotkulautoja mutta pienimuotoisempana kuin suurissa kaupungeissa.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla käyttö ja kilpailu toimijoiden kesken on vähäistä</p>
<p>Perinteinen joukkoliikenne</p>	<p>Suurissa kaupungeissa perinteinen joukkoliikenne tarjoaa vahvan runkoliikennetarjonnan ja rooli kestävän liikkumisen ja liikennepalveluiden selkärankana säilyy.</p> <p>Joukkoliikenne on sähköistynyt ja joukkoliikennetoimijat laajentavat toimintaansa matkaketjuihin ja liikenteeseen palveluna.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa perinteinen joukkoliikenne tarjoaa koulumatkayhteydet ja toimii hyvin keskeisimmillä työssäkäyntiin liittyvillä yhteysväleillä tiiveimmän asutuksen alueella sekä yhteyksillä kaupunkiseudun keskukseen. Muilla yhteysväleillä joukkoliikenteen rooli on vähimmäispalvelun tarjoaminen.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla perinteinen joukkoliikenne on kustannustehoton ratkaisu ja tarjonta on siirtynyt kutsuliikenteeseen.</p>	<p>Suurissa kaupungeissa perinteisen joukkoliikenteen volyymit kasvavat ja se säilyy liikkumisen runkona. Raideliikenteen merkitys kasvanut liikenteen palveluiden runkona valtakunnallisesti ja suurilla kaupunkiseuduilla.</p> <p>Joukkoliikenne mullistuu autonomisen liikenteen myötä ja vähän käytetyt bussilinjat korvataan kutsuliikenteellä.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa perinteinen joukkoliikenne tarjoaa koulumatkayhteydet ja toimii hyvin keskeisimmillä työssäkäyntiin liittyvillä yhteysväleillä tiiveimmän asutuksen alueella sekä yhteyksillä kaupunkiseudun keskukseen. Muilla yhteysväleillä tarjonta on siirtynyt kutsuliikenteeseen.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla perinteinen joukkoliikenne on kustannustehoton ratkaisu harvaan asutuilla ja tarjonta on siirtynyt kutsuliikenteeseen.</p>

Teema	2030	2045
Kutsuliikenne ml. ridepooling	<p>Suurissa kaupungeissa kutsuliikenne yleistyy, mutta kustannustaso on perinteistä joukkoliikennettä kalliimpi.</p> <p>Kannattamattomia joukkoliikenneyhteyksiä on korvattu kutsuliikenteellä.</p> <p>Rajatulla alueella autonomisella kutsuliikenteellä on toteutettu syöttöliikennepalveluita.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa kutsuliikenteen merkitys kasvaa, mutta kutsuliikenne rakentuu joko yhteiskunnan maksamien kuljetusten ympärille tai sillä on toteutettu syöttöliikennettä runkojoukkoliikenteeseen.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla kutsuliikenne on korvannut kustannustehotonta kiinteäreittistä ja –aikatauluista joukkoliikennettä ja kuljetuksiin on yhdistetty yhteiskunnan korvaamia lakisääteisiä kuljetuksia.</p>	<p>Vuonna 2045 autonomisen liikenteen uskotaan olevan laajasti käytössä, jolloin kutsuliikenteen palveluita on mahdollista tarjota kustannustehokkaasti myös pienemmän kysynnän aikoina, ja kutsuliikenteellä on mahdollista korvata yksityisautoilua ja varsinkin huonosti kannattavia kiinteälinjauisia joukkoliikenneyhteyksiä. Tätä kautta kutsuliikenteen halpeneva hinta ja lisääntynyt saatavuus lisäävät merkittävästi palveluiden kysyntää.</p>
Taksiliikenne ml. ridehailing	<p>Taksiliikenne on hintatason, tarjonnan ja kysynnän osalta nykyisenkaltaista.</p>	<p>Vuonna 2045 autonomisen liikenteen uskotaan olevan laajasti käytössä, jolloin taksiliikennettä voidaan tarjota merkittävästi nykyistä halvemmalla.</p> <p>Suurissa kaupungeissa henkilöautoilun korvaaminen taksiliikenteellä ei ratkaise liikenteen ongelmia, kuten ruuhkautumista, jolloin matkojen yhdistely kutsuliikenteen muodossa priorisoidaan tarjonnassa taksiliikenteen edelle.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa ja harvaan asutuilla seuduilla tarjonnassa priorisoidaan kutsuliikennettä, mutta pieni kysyntä johtaa usein taksiliikenteen käyttöön.</p>
Kimppakyydit	<p>Suurissa kaupungeissa ja keskisuurissa kaupungeissa kimppakyydit eivät ole saaneet nykyistä suurempaa jalansijaa.</p> <p>Harvaan asutuilla seuduilla kimppakyydit saavat pienimuotoisen aseman.</p>	<p>Autonomiset autot poistavat tarpeen kimppakyydeille ja näin ollen kimppakyytejä ei nyky muodossaan ole olemassa.</p>

Teema	2030	2045
MaaS ja matkaketjut	<p>Matkaketjut ovat kehittyneet sujuvimiksi eri kulkumuotojen välillä, kun asemanseutuihin, matkustajatietopalveluihin ja liityntäpysäköintiin on panostettu.</p> <p>Suurissa kaupungeissa MaaS tehostaa merkittäväällä tavalla liikkumispalveluiden käyttöä ja saumattomien matkaketjujen tuottamista. Liikkumispalveluiden laaja kirjo ja hyvä tarjonta mahdollistavat myös MaaS-pakettien tarjoamisen, mutta iso osa MaaS-käytöstä perustuu käyttöpohjaisiin maksuihin.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa MaaS-palveluita on tarjolla ja MaaS tehostaa jonkin verran liikkumispalveluiden käyttöä ja saumattomien matkaketjujen tuottamista.</p> <p>Harvaan asutuilla seuduilla MaaS-palveluita on myös tarjolla, mutta MaaS:n liikkumispalveluita tehostava vaikutus on vähäisempi kuin kaupungeissa.</p>	<p>Matkaketjuissa kulkumuotojen yhdistely on saumatonta ja matkaketjujen toteuttaminen perustuu kokonaisoptimointiin, jossa tarjontaa optimoidaan kysyntäperusteisesti.</p> <p>Matkaketjuun kuuluvat lipputuotteet ja informaatio toimivat saumattomasti yhteen (MaaS-ajatuksen mukaisesti) ja matkaketjuihin sisältyy ”vakuutus” epäonnistuvan ketjutuksen varalle.</p> <p>Suurissa kaupungeissa MaaS tehostaa merkittäväällä tavalla liikkumispalveluiden käyttöä ja saumattomien matkaketjujen tuottamista. Autonomistus on laskenut merkittävästi, mikä lisää MaaS-pakettien suosiota.</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa autonominen liikenne on mahdollistanut liikkumispalveluiden entistä kattavamman tarjonnan, jolloin MaaS:n liikkumispalveluiden käyttöä tehostava vaikutus on kasvanut.</p> <p>Harvaan asutuilla seuduilla autonominen liikenne on mahdollistanut liikkumispalveluiden entistä tehokkaamman tarjonnan myös harvaan asutuilla alueilla, jolloin myös MaaS:n avulla saadaan tehostettua eri liikkumispalveluiden käyttöä.</p>

4.3 Skenaario 2: Oletettua vähäisempi palveluistuminen

Skenaariossa 2 oletetaan, että kutsuliikenne on sekä vuonna 2030 että 2045 toteutunut jonkin verran pienimuotoisempaa kuin Skenaariossa 1, jolloin myös kutsuliikenteen keskikuorma jää jonkin verran alhaisemmaksi. Molempina tarkasteluvuosina matkaketjut ovat kehittyneet nykyistä sujuvimiksi eri kulkumuotojen välillä ja MaaS tehostaa liikkumispalveluiden käyttöä ja saumattomien matkaketjujen tuottamista, mutta sekä matkaketjujen että MaaS:n vaikutus liikennepalveluiden käyttöön on jonkin verran pienempi kuin Skenaariossa 1.

Skenaariossa 2 on lähdetty siitä, että vuonna 2030 autonomistuksen väheneminen on liikenteen palveluistumisen seurauksena vastaavansuuruisia kuin Skenaariossa 1. Vuonna 2045 autonomistuksen väheneminen oletetaan merkittävästi pienemmäksi kuin Skenaariossa 1, jolloin muutokset autonomistuksessa ovat puolet Skenaarion 1 muutoksista.

4.4 Skenaario 3: Oletettua merkittävämpi palveluistuminen

Skenaariossa 3 oletetaan, että kutsuliikenne on vuonna 2030 otettu jonkin verran laajemmalla skaalalla käyttöön kuin Skenaariossa 1, jolloin myös kutsuliikenteen keskikuorma on vuonna 2030 jonkin verran korkeampi. Vuonna 2045 kutsuliikenteen oletetaan toteutuvan vastaavasti kuin Skenaariossa 1. Molempina tarkasteluvuosina sekä matkaketjujen että MaaS:n vaikutus liikennepalveluiden käyttöön oletetaan olevan jonkin verran suurempaa kuin Skenaariossa 1.

Skenaariossa 2 on lähdetty siitä, että vuonna 2045 autonomistuksen väheneminen on liikenteen palveluistumisen seurauksena vastaavansuuruisia kuin Skenaariossa 1. Sen sijaan vuonna 2030 autonomistuksen väheneminen oletetaan merkittävästi suuremmaksi kuin Skenaariossa 1, jolloin muutokset autonomistuksessa ovat puolitoistakertaiset Skenaarion 1 muutoksiin nähden.

5 Liikennemallitarkastelu

5.1 Liikennemallin nykytila

Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli on kehitetty vuosina 2010–2014 Liikennevirastossa ja virastouudistuksen myötä vuoden 2019 alusta malli siirtyi Traficomin vastuulle. Mallijärjestelmää on hyödynnetty vuonna 2018 valmistuneiden valtakunnallisten liikenne-ennusteiden (Liikennevirasto 2018c) laadinnassa. Vuoden 2019 aikana liikenne-ennustemalli päivitettiin viimeisimmän valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (HLT) pohjalta (Liikennevirasto 2018b). Samalla tuotettiin päivitettyt ennusteskenaariot valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman (VLJS) vaikutusten arvioinnin tarpeisiin. Vuoden 2020 aikana mallijärjestelmää on päivitetty ennustetilanteiden verkkokuvausten osalta VLJS:n vaikutusarvioinnin tarpeisiin.

Järjestelmää on hyödynnetty liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän työssä sekä valtakunnallisissa saavutettavuustarkasteluissa Traficomin ohjauksessa. Liikenteen verotusta selvittävän työryhmän työtä varten mallijärjestelmään päivitettiin VTT:n syksyn 2020 arvion mukainen ajoneuvokanta ja VM:n talousennusteet sekä polttoaineiden hintakehitys. Mallin ennustemenetelmään tehtiin kevään 2021 aikana tieliikenteen suorite-ennusteen päivitys palvelemaan myös Fossiilittoman liikenteen tiekartan selvityksiä.

Mallimenetelmän tavoitteena on tuottaa ennusteet liikenteen henkilö- ja tavaraliikenteen kokonaissuoritteista. Keskeisiä tekijöitä valtakunnallisen liikenne-ennusteen taustalla ovat mm. väestökehitys sekä bruttokansantuotteen kehitys. Tässä hyödynnetään mm. Tilastokeskuksen vuonna 2019 tuotettua väestöennustetta sekä valtiovarainministeriön näkemysten mukaista talousennustetta vuosille 2030 ja 2050 sekä VTT:n autokannan kehitysarvioita.

Keväällä päivitettävä tieliikenteen ennuste perustuu 2010-luvulla Liikennevirastossa kehitettyyn ja Traficomin ylläpitämään valtakunnalliseen liikkumisvalintojen yksilömalliin (Liikennevirasto 2014). Mallijärjestelmä koostuu kokonaisuudessaan Liikkumisvalintojen yksilömallista sekä Valtakunnallisesta liikenne-ennustemallista. Liikkumisvalintojen yksilömalli mahdollistaa erilaisten liikennepoliittisten toimien, etenkin liikenteen hinnoittelun, vaikutusten arvioinnin yksityiskohtaisella tasolla. Mallin tuloksista voidaan arvioida vaikutusten kohdentumista yksilötasolla. Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin avulla voidaan arvioida liikennejärjestelmään kohdistuvien toimien kuten autoliikenteen yhteyksien tai joukkoliikenteen tarjonnan muutosten vaikutuksia liikenteen kulkutapa- ja reittivalintoihin. Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli käyttää lähtökohtanaan liikkumisvalintojen

yksilömallilla tuotettuja liikennepoliittiset toimet huomioon ottavia eri vuosille laadittavia perusennusteita.

Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli on yksityiskohtainen kuvaus koko Suomen henkilöliikenteestä sekä alue- ja yhdyskuntarakenteesta. Malli kuvaa koko Suomen asuttua alue- ja yhdyskuntarakennetta neliökilometrin tarkkuudella (156 000 ruutua). Kuvaus kattaa kulkumuodoista kävelyn, pyöräilyn, henkilöauton, junan, bussin ja lentoliikenteen. Infrastruktuurista on kuvattu yleiset tiet ja joukkoliikenteen reitit samalla strategisella tasolla kuten liikenne-ennustemallissa.

Malli soveltaa uudentyypistä lähestymistapaa, jossa suomalaisten liikkumista kuvataan erilaisten simuloivien osamallien avulla yksilöiden tasolla mm. autonomistuksen, matkatuotoksen, suuntautumisen, kulkutavan valinnan ja myös reittien sijoittumisen suhteen. Malli laajentaa asukkaiden liikkumistarpeita kuvaavan henkilöliikennetutkimuksen tiedot koko Suomen väestön ikä- ja aluerakenteen mukaiseksi kattavaksi otokseksi ja mallintaa (toistaa) kunkin asukkaan liikkumiskäyttäytymisen ottamalla paikalliset olosuhteet huomioon. Malli kuvaa matkat esimerkiksi asumisesta, työssäkäynnistä, kuluttamisesta ja vapaa-ajan aktiviteeteista johtuvina ketjuina (esim. koti-työ-ostos-koti) ja mallintaa niiden suorittamisen koko päivän aikana (ei esim. vain keskimääräistä aamuruuhkatuntia). Mallin avulla voidaan tarkastella erittäin yksityiskohtaisesti liikenteen kysynnän muutoksia eri puolilla Suomea yksilötasolla.

5.2 Skenaarioiden kuvaaminen liikennemalliin

Liikenteen palveluistumisen skenaarioissa on kuvattu, kuinka liikenteen palveluistumisen eri muodot otetaan käyttöön eri alueilla vuoteen 2030 ja 2045 mennessä, ja kuinka ne vaikuttavat palveluiden tarjontaan, sitä kautta palveluiden hintaan ja palvelutasoon ja edelleen autonomistukseen. Tässä luvussa liikenteen palveluistumisen skenaariot on pyritty kuvamaan liikennemallikuvausta varten muotoon, joka sisältää numeerisia parametrioita liikenteen palveluistumisen eri osatekijöille palvelutason ja hinnan osalta.

Taulukossa 6 on kuvattu parametrit liikennemallikuvausta varten liikenteen palveluistumisen perusskenaariossa teemoittain vuosille 2030 ja 2045.

Taulukko 6. Työssä muodostettu näkemys liikennemallikuvauksen parametrisarvoista oletetussa liikenteen palveluistumisessa teemoittain vuosille 2030 ja 2045.

Teema	2030	2045
Autonvuokraus ja yhteiskäyttöautot	<p>Suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa yhteiskäyttöautojen käyttö kuvataan kahtena uutena kulkumuotona ”yhteiskäyttöauto kuljettajana” ja ”yhteiskäyttöauto matkustajana” nykyisten kulkumuotojen pohjalta (henkilöauto kuljettajana ja henkilöauto matkustajana).</p> <p>Poikkeuksena henkilöautoon, yhteiskäyttöautot ovat käytettävissä, vaikka ruokakunta ei omista autoa.</p> <p>Syöttölinkin vastusta muutetaan kuvaamaan pidempää kävelymatkaa yhteiskäyttöautolle. Suurissa kaupungeissa 5 min, Keskisuurissa kaupungeissa 10 min. Vastus huomioidaan vain lähtöpäässä.</p> <p>Hinta on kilometrihintana, joka on henkilöauton kilometrikustannusta 20 % suurempi.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöauto on käytettävissä vain vapaa-ajan matkoille, jotta mahdollistetaan mökkimatkat. Syöttölinkin vastus 15 min.</p>	Ei kuvata mallissa.
Yhteiskäyttöiset polkupyörät	<p>Suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa kaupunkipyörät kuvataan uutena ”yhteiskäyttöinen polkupyörä” -kulkumuotona polkupyörän pohjalta.</p> <p>Kävelymatka polkupyöräasemalle kuvataan syöttölinkin vastuksella huomioiden erilainen tarjonta eri alueilla siten, että lisävastus on asukastiheyden perusteella väliltä 2-10 min. Liikennemallinnuksen aikana luodaan sopiva skaala asukastiheyden osalta (jotta kuvataan, millä alueella palvelua on tarjolla). Hintana on 1 €/matka.</p> <p>Sähköpyöriä on tarjolla harvemmassa, jolloin lisävastus on 2 min suurempi kuin muilla pyörillä. Hintana on 2 €/matka ja nopeus on 15 % suurempi. Kulkumuotovakiolla otetaan huomioon sähköpyörän mukavuus suhteessa muuhun pyörään.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöiset pyörät eivät ole käytössä, joten yhteiskäyttöisten pyörien verkko kuvataan vain muille alueille.</p>	Kuvataan malliin vastaavasti kuin 2030.

Teema	2030	2045
Yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat	<p>Suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat kuvataan uutena "yhteiskäyttöinen sähköpotkulauta" -kulkumuotona polkupyörän pohjalta.</p> <p>Nopeus on vastaava kuin polkupyörillä.</p> <p>Kävelymatka sähköpotkulaudan luo kuvataan syöttölinkin vastuksella huomioiden erilainen tarjonta eri alueilla siten, että lisävastus on asukastiheyden perusteella väliltä 2-6 min.</p> <p>Hinta on 1 €/matka + 0,20 €/min (tai muutettuna nopeuden perusteella kilometrihinnaksi).</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla yhteiskäyttöiset sähköpotkulaudat eivät ole käytössä, joten yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen verkko kuvataan vain muille alueille.</p>	Kuvataan malliin vastaavasti kuin 2030.
Perinteinen joukkoliikenne	<p>Ei muutosta tarjonnassa ja hinnassa perusennusteeseen (Skenaario 0) nähden.</p>	<p>Suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa muut kuin runkoliikenteen yhteydet poistettu.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla ei perinteistä joukkoliikennettä (koska oletus, että kutsuliikenne on palvelutasoltaan ja hinnaltaan riittävän houkuttelevaa)</p>

Teema	2030	2045
Kutsuliikenne ml. ridepooling	<p>Suurissa kaupungeissa kutsuliikenne kuvataan henkilöauto matkustajana -kulkumuodon pohjalta.</p> <p>Poikkeuksena henkilöautoon, kutsuliikenne on käytettävissä vaikka ruokakunta ei omista autoa.</p> <p>Asukastiheyden perusteella lisätään 2-10 minuutin vastus syöttölinkille kuvaamaan kutsuliikenteen pysäkkiätiheyttä ja kävelymatkaa pysäkiltä-pysäkillä-palvelussa.</p> <p>Odotusaika kuvataan 5-15 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Nopeus on 30 % hitaampi kuin henkilöautolla kuvaten poikkeamat suorimmalta reitiltä matkojen yhdistelyn seurauksena.</p> <p>Ajoneuvokilometrit saadaan jakamalla matkustajakilometrit keskiuormalla (1,70) ja kertomalla 1,3:llä, joka kuvaa matkojen yhdistelystä aiheutuvan reittiäpoikkeamat.</p> <p>Hinta on joukkoliikenteen hinta (mikä edellyttää subventiota julkisilta tahoilta).</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa kutsuliikenteen odotusaika kuvataan 10-20 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Nopeus on 30 % hitaampi kuin henkilöautolla kuvaten poikkeamat suorimmalta reitiltä matkojen yhdistelyn seurauksena.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla kutsuliikenteen odotusaika kuvataan 15-30 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Nopeus on 30 % hitaampi kuin henkilöautolla kuvaten poikkeamat suorimmalta reitiltä matkojen yhdistelyn seurauksena.</p>	<p>Suurissa kaupungeissa asukastiheyden perusteella lisätään 2-8 minuutin vastus syöttölinkille kuvaamaan kutsuliikenteen pysäkkiätiheyttä ja kävelymatkaa pysäkiltä-pysäkillä-palvelussa.</p> <p>Odotusaika kuvataan 5-10 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Nopeus on 30 % hitaampi kuin henkilöautolla kuvaten poikkeamat suorimmalta reitiltä matkojen yhdistelyn seurauksena.</p> <p>Keskikuorma (2,50) on noussut huomattavasti skaalaedun myötä.</p> <p>Hinta on joukkoliikenteen hinta (mikä mahdollistuu merkittävän tehostumisen kautta ilman merkittävää subventiota).</p> <p>Keskisuurissa kaupungeissa kutsuliikenteen odotusaika kuvataan 7-15 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Harvaan asutuilla alueilla kutsuliikenteen odotusaika kuvataan 10-20 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p>

Teema	2030	2045
Taksiliikenne ml. ridehailing	<p>Taksiliikenne kuvataan henkilöauto matkustajana -kulkumuodon pohjalta.</p> <p>Poikkeuksena henkilöautoon, taksiliikenne on käytettävissä vaikka ruokakunta ei omista autoa.</p> <p>Syöttölinkeillä ei lisävastusta kuvaten ovelta-ovelle-palvelun.</p> <p>Odotusaika kuvataan 5-15 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Hinta on vapaa-ajan matkoilla 8 €/matka + 1 €/km ja muilla matkoilla 4 €/matka + 1 €/km.</p> <p>Ajoneuvokilometrit saadaan jakamalla matkustajakilometrit keskiuormalla 0,95.</p>	<p>Taksiliikenteen odotusaika kuvataan 3-5 minuutin lisämatka-aikana asukastiheyden perusteella.</p> <p>Hinta on vapaa-ajan matkoilla 5 €/matka + 0,2 €/km ja muilla matkoilla 3 €/matka + 0,2 €/km. HUOM: Hintaa pitää vielä tarkastella suhteessa kutsuliikenteeseen, jotta huomioidaan jaettujen kyytien priorisointi.</p> <p>Ajoneuvokilometrit saadaan jakamalla matkustajakilometrit keskiuormalla 0,95.</p>
Kimppakyydit	<p>Ei kuvata mallissa. Henkilöauto matkustajana -kulkumuoto mallintaa myös kimppakyydit.</p>	<p>Ei kuvata mallissa. Henkilöauto matkustajana -kulkumuoto mallintaa myös kimppakyydit.</p>
MaaS ja Matkaketjut	<p>MaaS:n vaikutus näkyy (autonomistuksen muutosten lisäksi) kulkumuotovakioissa, sillä liikennepalveluiden tehostunut käyttö ja saumattomat matkaketjut ovat hinnan ja matka-ajan ulkopuolisia asioita. Tämä on toteutettu malliteknisesti pienentämällä joukkoliikenteen odotusaikaa (odotusaika = 0,14 * vuoroväli, kun vertailuvaihtoehdossa kerroin on 0,16)</p>	<p>Kuvattu malliteknisesti pienentämällä joukkoliikenteen odotusaikaa (odotusaika = 0,12 * vuoroväli, kun vertailuvaihtoehdossa kerroin on 0,16)</p>

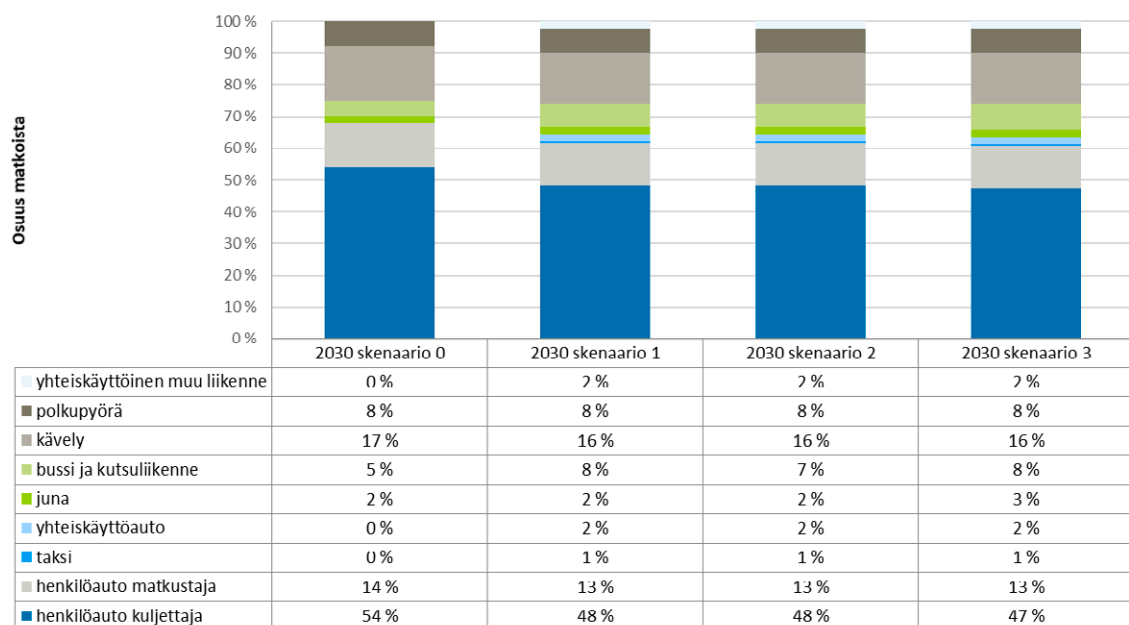
Kutsuliikenteen keskikuorma oletettua vähäisemmän palveluistumisen skenaariossa (Skenaario 2) on vuonna 2030: 1,60 ja vuonna 2045: 2,20. Matkaketjujen ja MaaS:n jonkin verran oletusskenaariota pienempi vaikutus liikennepalveluiden käyttöön on mallinnettu käyttämällä Skenaariossa 2 joukkoliikenteen odotusajan kertoimina vuonna 2030: 0,15 ja vuonna 2045: 0,14.

Kutsuliikenteen keskikuorma oletettua merkittävämmän palveluistumisen skenaariossa (Skenaario 3) on vuonna 2030: 1,90 ja vuonna 2045 sama kuin skenaariossa 1 (2,50). Matkaketjujen ja MaaS:n jonkin verran oletusskenaariota suurempi vaikutus liikennepalveluiden käyttöön on mallinnettu käyttämällä Skenaariossa 3 joukkoliikenteen odotusajan kertoimina vuonna 2030: 0,12 ja vuonna 2045: 0,10.

5.3 Mallinnuksen tulokset

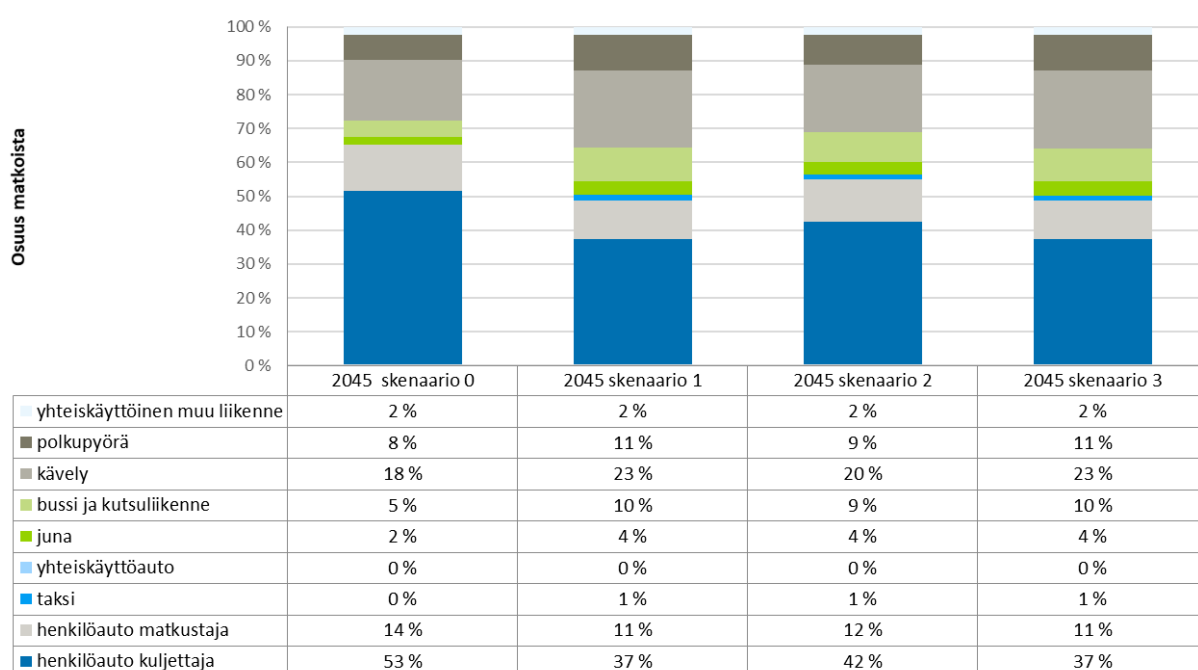
Skenaarion 1 (oletettu palveluistuminen) mukaisen liikenteen palveluistumisen myötä omalla henkilöautolla tehtyjen matkojen kulkutapaosuus on 6 prosenttiyksikköä pienempi vuonna 2030 kuin vertailuskenaariossa, jossa liikenteen palveluistumista ei ole huomioitu. Skenaariossa 3 (oletettua merkittävämpi palveluistuminen) henkilöauton kuljettajana tai matkustajana tehtävien matkojen kulkutapaosuus on 7 prosenttiyksikköä pienempi kuin vertailuskenaariossa 0.

Kuvio 13. Henkilöliikenteen kulkutapaosuudet vuonna 2030.



Vuonna 2045 omalla henkilöautolla tehtyjen matkojen kulkutapaosuus on 18 prosenttiyksikköä pienempi skenaariossa 1 kuin vertailuskenaariossa 0. Jos liikenteen palveluistuminen on oletettua vähäisempää (skenaario 2), on henkilöautoliikenteen kulkutapaosuus 12 prosenttiyksikköä pienempi kuin vertailuskenaariossa 0.

Kuvio 14. Henkilöliikenteen kulkutapaosuudet vuonna 2045.



Liikenteen palveluistumisen on arvioitu vaikuttavan merkittävästi oman henkilöauton omistamiseen. Vuonna 2030 skenaarioissa 1 ja 2 henkilöautojen määrä on 3 % pienempi kuin vertailuskenaariossa 0. Skenaariossa 3 henkilöautojen määrä on vuonna 2030 5 % pienempi kuin vertailuskenaariossa.

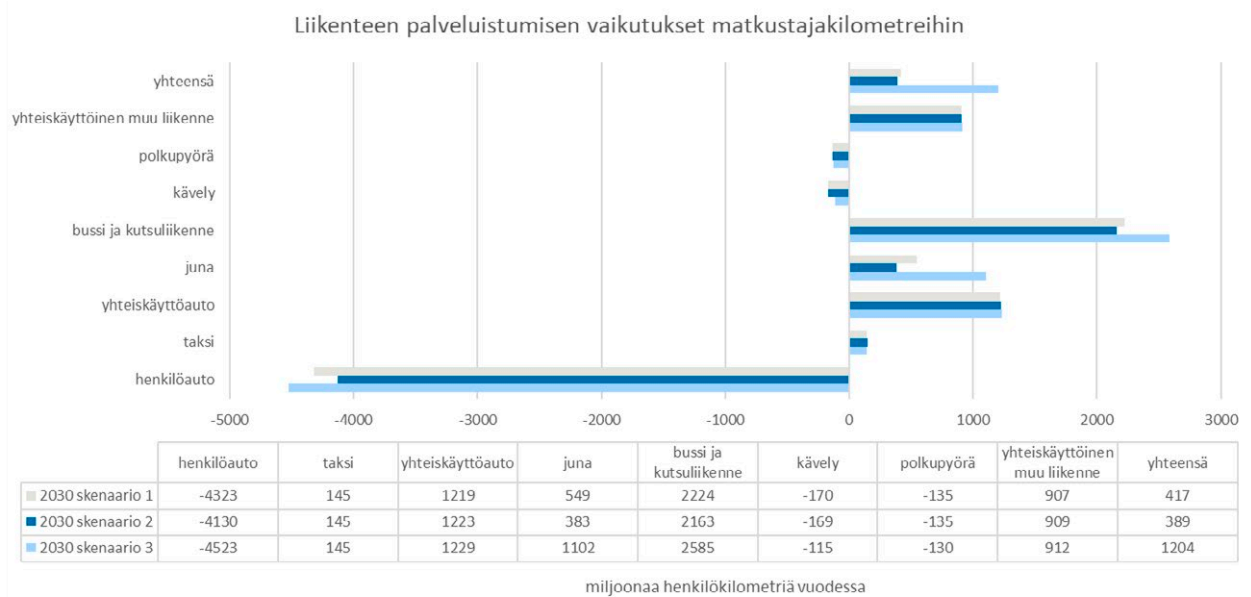
Vuonna 2045 skenaarioissa 1 ja 3 henkilöautojen määrä on 33 % pienempi kuin vertailuskenaariossa 0. Skenaariossa 2 henkilöautojen määrä on vuonna 2045 17 % pienempi kuin vertailuskenaariossa.

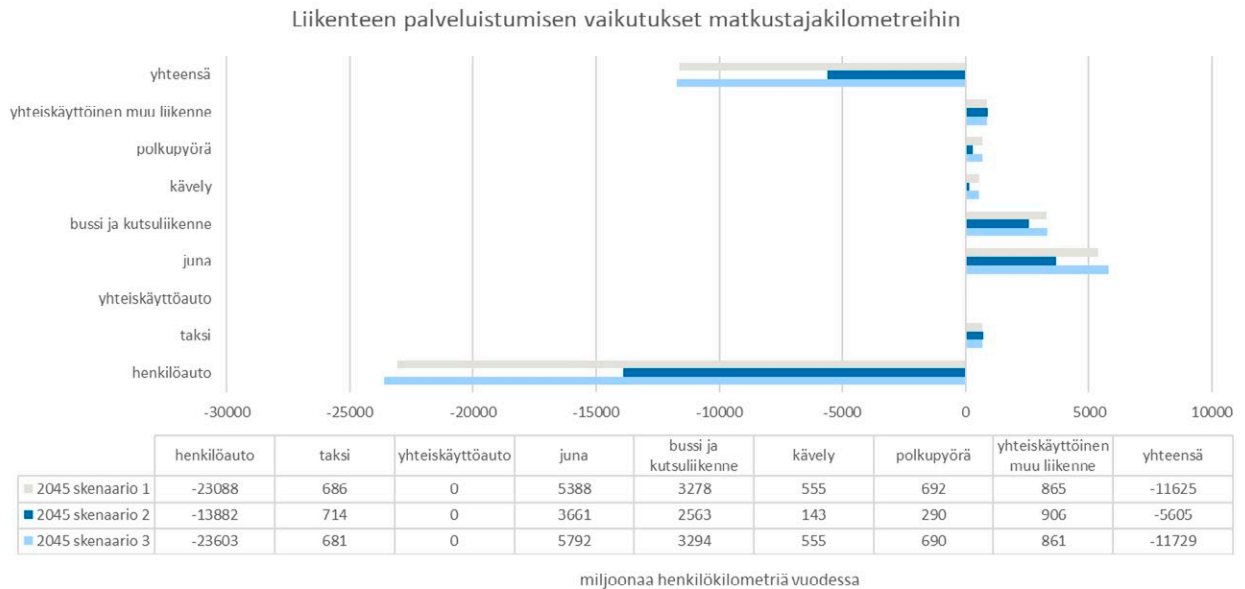
Liikenteen palveluistuminen vähentää merkittävästi henkilöautoliikenteen matkustajakilometrejä. Toisaalta bussin ja kutsuliikenteen, junaliikenteen, taksin ja yhteiskäyttökulkuneuvojen matkustajakilometrit kasvavat. Mallinnusten mukaan palveluistuminen lisää matkustajakilometrien summaa (kaikki kulkutavat mukaan lukien) 400–1 200 miljoonaa

kilometriä vuonna 2030. Liikenteen palveluistumiskehitys on vuonna 2030 vielä alkuvaiheessa, jolloin järjestelmä ei toimi optimaalisesti ja henkilöautoliikennettä korvaavat matkat ovat keskimäärin hieman pitempiä kuin vastaavat henkilöautomatkat.

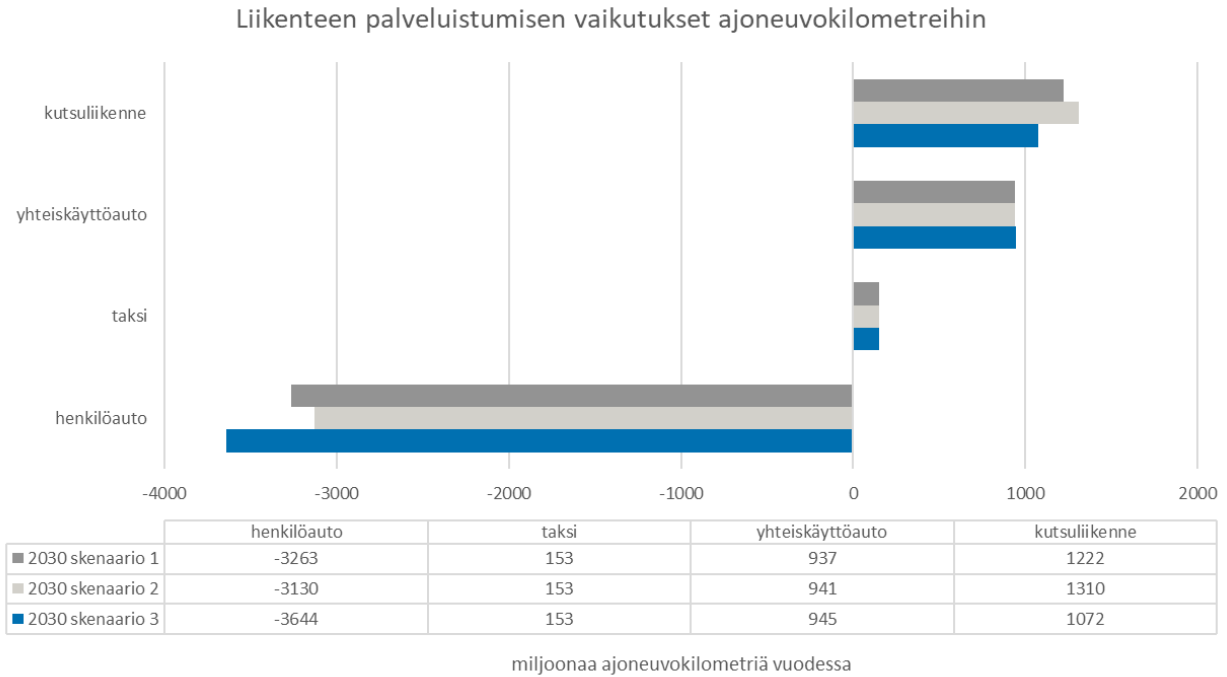
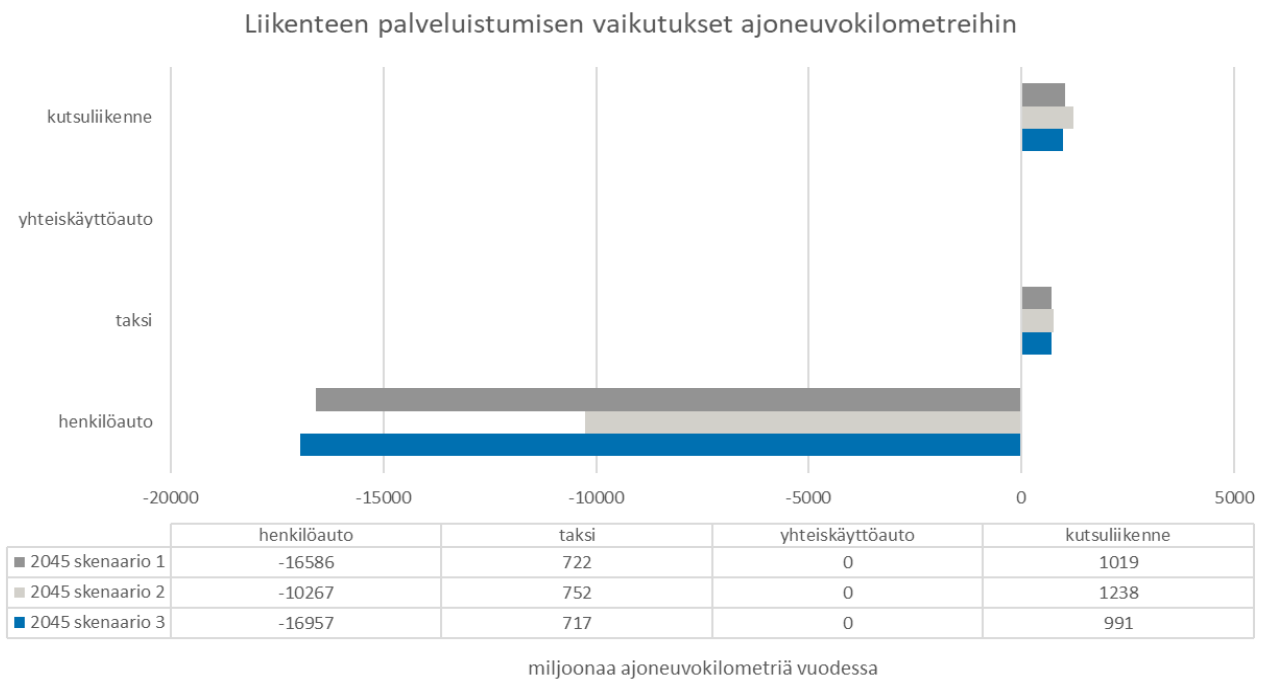
Vuonna 2045 liikenteen matkustajakilometrit ovat 5 600–11 700 miljoonaa kilometriä pienemmät kuin vertailuskenaariossa. Vuonna 2045 palveluistuminen on kehittynyt niin, että uusien liikennepalvelujen tarjonta mahdollistaa suuremmat reitit lähtöpaikasta määränpäähän, jolloin palvelu on kilpailukykyinen henkilöauton kanssa. Liikenteen palveluistumisella on vaikutusta myös matkojen suuntautumiseen. Reitin valinta ei ole ainoa matkojen kokonaissuoritteiden skenaariokohtaisia eroja selittävä tekijä, vaan myös matkojen määränpäätt eroavat toisistaan.

Kuvio 15. Henkilöliikenteen matkustajakilometrit vuonna 2030.



Kuvio 16. Henkilöliikenteen matkustajakilometrit vuonna 2045.


Skenaarion 1 mukainen liikenteen palveluistuminen vähentää henkilöautolla tehtyjä matkoja noin 3 300 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2030 ja 16 600 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2045. Jos palveluistuminen on odotettua merkittävämpää, henkilöautolla tehdyt matkat vähenemät 3 600 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2030 ja 17 000 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2045. Jos palveluistuminen on odotettua vähäisempää, henkilöautolla tehdyt matkat vähenemät 3 100 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2030 ja 10 300 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuonna 2045.

Kuvio 17. Henkilöliikenteen ajoneuvokilometrit vuonna 2030.

Kuvio 18. Henkilöliikenteen ajoneuvokilometrit vuonna 2045.


Skenaarion 1 mukainen liikenteen palveluistuminen vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 80 tuhatta tonnia vuonna 2030. Henkilöautoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt vähenevät noin 270 tuhatta tonnia, mutta osa niistä korvautuu kutsuliikenteen, yhteiskäyttöautojen ja taksien päästöillä. Mikäli liikenteen palveluistumiskehitys on odotettua nopeampaa (skenaario 3) vähenevät liikenteen hiilidioksidipäästöt noin 120 tuhatta tonnia vuodessa vuonna 2030.

Vuonna 2045 liikenteen palveluistumisen odotetaan tehostuvan. Henkilöautoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat merkittävästi pienemmät kuin vertailuskenaariossa, ja kutsuliikenteen käyttöasteet parantuneet verrattuna vuoteen 2030. Skenaariossa 1 liikenteen palveluistuminen vähentää vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä noin 580 tuhatta tonnia vuonna 2045. Mikäli liikenteen palveluistuminen on odotettua vähäisempää (skenaario 2) vähenevät liikenteen hiilidioksidipäästöt sen takia noin 340 tuhatta tonnia vuonna 2045.

Merkittävä osa liikenteen palveluistumisen kautta saavutettavista kasvihuonekaasupäästövähennyksistä johtuu autonomistuksen vähenemisestä. Uusien liikennepalveluiden myötä tarve oman auton omistamiselle vähenee. Skenaariossa 1 autojen määrä on vuonna 2030 3 % pienempi kuin vertailuskenaariossa ja henkilöautoliikenteen päästöt ovat 267 tuhatta tonnia pienemmät kuin vertailuskenaariossa 0. Tästä summasta 67 tuhatta tonnia selittyy autojen määrän vähenemisellä ja 200 tuhatta tonnia sillä, että auton omistajat käyttävät uusia liikennepalveluja oman auton sijasta.

Vuonna 2045 autonomistus on vähentynyt 33 % (skenaario 1), mikä selittää 77 % henkilöautoliikenteen kasvihuonekaasujen vähenemisestä. Loput 23 % henkilöautoliikenteen päästövähennyksistä selittyy sillä, että henkilöauton omistajat käyttävät uusia liikennepalveluja oman auton sijasta.

Tieliikenteen CO₂-päästöt ovat VTT:n perusennusteessa noin 4,4 miljoonaa tonnia. Vuonna 2045 liikenteen skenaarion 1 mukaisen palveluistumisen myötä tieliikenteen päästöt vähenisivät noin 13 %.

Taulukko 7. Liikenteen palveluistumisen kasvihuonekaasupäästövaikutukset (tuhatta CO₂-tonnia vuodessa)

	2030			2045		
	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario
	1	2	3	1	2	3
henkilöauto	-267	-256	-298	-597	-370	-610
taksi	12	13	12	26	27	26
yhteiskäyttöauto	77	77	77	0	0	0
bussi	0	0	0	-43	-43	-43
kutsuliikenne	100	107	88	37	45	36
yhteensä	-78	-59	-120	-577	-341	-592

Herkkyystarkasteluna tehtiin laskelma, jossa taksit, yhteiskäyttöautot ja kutsuliikenne oletettiin 100-prosenttisesti sähkökäyttöisiksi ja nollapäästöisiksi. Tässä laskelmassa liikenteen palveluistumisesta saavutetaan 260 000–300 000 hiilidioksiditonin päästövähennemät jo vuonna 2030. Vuonna 2045 päästövähennemät osuvat vaihteluvälille 410 000–650 000 tonnia.

Taulukko 8. Liikenteen palveluistumisen kasvihuonekaasupäästövaikutukset, jos uudet liikennepalvelut oletetaan täysin päästöttömiksi (tuhatta CO₂-tonnia vuodessa)

	2030			2045		
	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario
	1	2	3	1	2	3
henkilöauto	-267	-256	-298	-597	-370	-610
bussi	0	0	0	-43	-43	-43
yhteensä	-267	-256	-298	-640	-412	-653

Toisessa herkkyystarkastelussa taksit, yhteiskäyttöautot ja kutsuliikenne oletettiin 50 % prosenttisesti nollapäästöisiksi. Toiset 50 % oletettiin päästöiltään samansuuruisiksi kuin henkilöautot. Tässä laskelmassa liikenteen palveluistumisesta saavutetaan 160 000–210 000 hiilidioksiditonin päästövähennemät vuonna 2030. Vuonna 2045 päästövähennemät osuvat vaihteluvälille 380 000–620 000 tonnia.

Taulukko 9. Liikenteen palveluistumisen kasvihuonekaasupäästövaikutukset (tuhatta CO₂-tonnia vuodessa)

	2030			2045		
	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario	Skenaario
	1	2	3	1	2	3
henkilöauto	-267	-256	-298	-597	-370	-610
taksi	6	6	6	13	14	13
yhteiskäyttöauto	38	38	39	0	0	0
bussi	0	0	0	-43	-43	-43
kutsuliikenne	50	54	44	18	22	18
yhteensä	-172	-158	-209	-608	-376	-622

Skenaarioiden ja herkkyystarkasteluiden pohjana olevista lähtöoletuksista riippuen palveluistuminen vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä 60 000–300 000 tonnia vuonna 2030 ja 340 000–650 000 tonnia vuonna 2045.

5.4 Liikenteen mallinnuksen kehitystarpeet

Liikenteen palveluistumisen uusien muotojen kuvaamiseen kvantitatiivisessa mallissa liittyy vielä useita haasteita. Suurin niistä on empirian puute, sillä henkilöliikennetutkimuksissa, joihin mallit tavallisesti pääosin perustuvat, ei ole tietoa uusien (vielä tulossa olevien) palveluiden käytöstä, joten matkustajien reaktion voimakkuutta on hankala mitata ekonometrian keinoin. Sen vuoksi joudutaan käyttämään analogiaa jo tarjolla oleviin kulkumuotoihin, pyrittäessä kuvaamaan uusien palveluiden erot niiden matka-ajoissa, kustannuksissa ja palvelutasossa.

Vaikka käytettävät valintamallimenetelmät mahdollistavatkin teoreettisesti tällaisen lähestymistavan, olemassa olevia palveluita ei juurikaan ole, minkä vuoksi erityisesti kustannustasojen arviointi on hankalaa. Esimerkiksi julkisesti tuetuissa palveluissa on usein hintojen subventointia, jolloin palveluiden oletettu järjestämistapa vaikuttaa merkittävästi hintoihin ja sitä kautta palveluiden käyttöön.

Myös liikennejärjestelmän kuvaamisen tasolla törmätään haasteisiin. Esimerkiksi kutsuliikenteen nk. first-mile/last-mile -palveluiden integroiminen runkoyhteyksien varaan vaatisi sekä järjestelmätason suunnittelua että mallimenetelmien kehittämistä. Odotus-, liityntä- ja vaihtoaikojen suuruus riippuu merkittävästi siitä, minkälaisia palvelutasoja esimerkiksi reittiliikenteen vuoroväleille asetetaan. Tässä selvityksessä on ollut mahdollista kuvata mahdollisia tulevaisuuden järjestelmiä vain hyvin karkealla tasolla.

Tulosten taustalla ovat liikenne-ennusteet ja niiden taustaoletukset esimerkiksi, talouden, väestön, aluerakenteen ja autokannan rakenteen kehittymisen osalta sekä niiden

epävarmuuksien huomiointi ovat oma suuri kehittämiskokonaisuutensa, joiden yksityiskohtia ei käsitellä tässä.

Tässä työssä on pyritty konseptoimaan sitä, miten nyt käytössä olevaa valtakunnan tason mallinnus- ja analyysimenetelmää voidaan kehittää eteenpäin niin, että voidaan käytännössä arvioida uudenlaisten palveluiden vaikutuksia, joista ei ole vielä empiiristä tietoa. Empiirisen ja suunnittelutiedon puuttuessa joudutaan tekemään suuri määrä oletuksia, mutta erityisesti luvuissa 2.5 ja 5.2 osoitetaan, miten olemassa olevaa tietoa liikenteen kysynnän tekijöistä voidaan hyödyntää ja ”laajentaa” analogioilla nykyisestä liikennejärjestelmästä. Liikenteen mallinnuksen kehittämistarpeet lyhyellä aikajänteellä liittyvät siten sekä tutkimus- että suunnittelutiedon lisäämiseen ja laadun parantamiseen niin, että todetut epävarmuudet pienenevät.

Menetelmät kehittyvät luonnostaan sitä mukaa kun tietoa saadaan lisää. Liikenteen palveluistumisen ajurina toimiva digitalisaatio tarjoanee jatkossa täysin uudenlaisia mahdollisuuksia sekä liikenteen kysynnän että tarjonnan muutosten vaikutusten arviointiin. Kun kaikki liikennejärjestelmän palvelut perustuvat tietojärjestelmien hyödyntämiseen, syntyy tietoa ennen näkemätön määrä, ja tehokkaat ohjausjärjestelmät mahdollistavat analyysit samalla tasolla kuin niitä hyödynnetään käytännössä esimerkiksi ajoneuvojen ohjaamisessa.

6 Toimenpideanalyysi

Liikenteen palveluistumisen toteutumiseen tämän selvityksen skenaarioiden mukaisesti vuosina 2030 ja 2045 liittyy monia epävarmuustekijöitä. Skenaarioiden toteutumiseen vaikuttaa merkittävästi se, minkälaisin toimin liikenteen palveluistumista tuetaan, sekä toisaalta myös se, miten sitä hidastavat tai estävät tekijät toteutuvat.

Luvussa 6.1 on kuvattu jo päätettyjä toimenpiteitä, joilla on keskeinen rooli liikenteen palveluistumiseen ja siihen, toteutuuko liikenteen palveluistuminen kestäväällä tavalla. Luvussa 6.2 on kuvattu tässä selvityksessä esiin tulleita mahdollisia liikenteen palveluistumiseen ja liikenteen palveluistumisen kasvihuonepäästövaikutuksiin vaikuttavia lisätoimenpiteitä.

Toimenpiteiden kustannusten arviointi on haastavaa ja tämän selvityksen yhteydessä ei ole ollut mahdollista tehdä kattavaa analyysia eri toimenpiteiden kustannuksista suhteessa toimenpiteiden vaikuttavuuteen.

6.1 Päätettyjä toimenpiteitä

Fossiilittoman liikenteen tiekartan ensimmäisessä vaiheessa on päätetty erilaisista tuista ja kannusteista, joilla edistetään liikenteen päästöttömyyttä periaatepäätöksen toimeenpanoon osoitettujen määrärahojen puitteissa (LVM 2021). Valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa vuosille 2021–2032 (Liikenne 12) on listattu suuri joukko toimenpiteitä, jotka vaikuttavat joko välillisesti tai suoraan liikenteen palveluistumiseen (LVM 2020b). Liikenne 12 -suunnitelmassa on hyödynnetty taustalla muun muassa Traficomin yhdessä Väyläviraston kanssa päivittämää liikenneverkon strategista tilannekuvaa (Traficom 2021), jossa tarkastellaan sekä valtion väyläverkon että muun liikenneverkon kehittämistarpeita.

Tässä luvussa on kuvattu keskeiset fossiilittoman liikenteen tiekartan ja Liikenne 12 -suunnitelman keinot edistää liikenteen palveluistumista ja liikenteen päästövähennystavoitteita erityisesti niiltä osin kuin ne vaikuttavat tässä työssä kuvattuihin liikenteen palveluistumisen skenaarioihin. Iso osa toimenpiteistä vaikuttaa perinteisen joukkoliikenteen kehittämiseen. Tässä selvityksessä perinteinen joukkoliikenne ja sen kehittäminen sisältyvät jo vertailuvaihtoehtoon eli liikenteen palveluistumiselle vertailukohtana toimineeseen skenaarioon sekä sitä kautta muihinkin skenaarioihin. Perinteinen joukkoliikenne on myös tulevaisuudessa runko liikenteen palveluistumiselle ainakin kaupunkialueilla ja kaupunkien välisessä liikkumisessa, jolloin perinteistä joukkoliikennettä tukevat toimenpiteet tukevat myös liikenteen palveluistumista.

Autonominen liikenne on edellytyksenä tässä selvityksessä kuvatulle oletetulle liikenteen palveluistumiselle vuonna 2045. Liikenteen autonomisoitumiseen liittyen valtioneuvosto on tehnyt luonnoksen ja laittanut lausuntokierrokselle liikenteen automaation edistämistä koskevan periaatepäätöksen. Periaatepäätös koskee kaikkia liikennemuotoja ja siinä avataan automaatiokehityksen tämänhetkistä tilaa ja hahmotellaan sen mahdollisia kehityssuuntia. Periaatepäätös perustuu liikenne- ja viestintäministeriössä työn alla olevaan liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelmaan.

Fossiilittoman liikenteen tiekartan ja Liikenne 12 -selvityksen lisäksi on hyvä huomioida muutama vuosi sitten uudistettu laki liikenteen palveluista (320/2017), joka mahdollistaa osaltaan liikenteen digitalisaatiota ja liikenteen palveluistumisen uusien liiketoimintamallien kautta. Laissa säädetään, että henkilöliikenteen liikkumispalveluiden tarjoajan on tarjottava liikkumispalvelua koskevat olennaiset reitti-, pysäkki-, aikataulu, hinta-, esteettömyys- ja saatavuustiedot avoimen rajapinnan kautta ja koneluettavassa vakiotietomuodossa. Laissa säädetään myös lippu- ja maksujärjestelmien yhteentoimivuudesta.

Fossiilittoman liikenteen tiekartan ja Liikenne 12 -selvityksen toimenpiteet koskevat etenkin tieliikennettä, joka aiheuttaa valtaosan liikenteen päästöistä. Toimenpiteillä on myös vaikutusta liikenteen palveluistumisen toteutumiseen. Merkittävimmät liikenteen palveluistumista tukevat toimenpiteet liittyvät liikennejärjestelmän tehostamiseen, kuten suurten ja keskisuurten kaupunkiseutujen joukkoliikenteen valtioavustuksen tason korottaminen.

Kävelyn ja pyöräilyn mahdollisuuksien ylläpitäminen ja edistäminen maantie- ja katuverkoilla tukee multimodaalista liikennekäyttäytymistä ja sitä kautta liikenteen kestävästä palveluistumisesta. Pyöräverkon kehittäminen tukee myös yhteiskäyttöisten polkupyörien ja sähköpotkulautojen käyttöä, millä on merkittävä rooli liikenteen palveluistumisen oletetussa skenaariossa. Tähän liittyen valtio ja kunnat jatkavat kävelyn ja pyöräiliikenteen infrastruktuurin parantamista katuverkolla ja tukevat rahoituksellisesti kävelyn ja pyöräilyn olosuhteita ja houkuttelevuutta parantavia hankkeita. Kävely- ja pyöräilyolosuhteita parannetaan maanteiden varsilla ja liikenteen solmukohdissa, ja suurimmilla kaupunkiseuduilla kiinnitetään erityistä huomiota pyörien liityntäpysäköintiin.

Liikenteen palveluistumisen oletetussa skenaariossa lähtökohtana on, että matkaketjut ovat kehittyneet sujuviksi eri kulkumuotojen välillä ja että MaaS tehostaa merkittäväällä tavalla liikkumispalveluiden käyttöä ja saumattomien matkaketjujen tuottamista. Matkaketjujen kehittämisessä korostuvat tiedon hyödyntämisen ja henkilöliikenteen solmupisteiden kehittäminen muun muassa liityntäpysäköintimahdollisuuksia lisäämällä. Liikennepalveluiden huomioiminen edellyttää liityntäpysäköinnin lisäksi asemaseutuja ympäröivän infrastruktuurin kehittämistä siten, että ne tukevat tehokasta syöttöliikennettä. Liikenneverkon strategisessa tilannekuvassa asemanseudut nähdään keskeisinä

kaupunkikehittämisen kohteina etenkin suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa, joissa asemanseutuja kehitetään liikenteen solmupisteiden rinnalla asumisen, työpaikkojen ja palveluiden alueena.

Liikkumispalveluiden yhdistäminen matkaketjuiksi ja MaaS-palvelupaketeiksi edellyttää eri palveluiden lippu-, maksu- ja tietojärjestelmien avoimuutta ja yhteentoimivuutta. Matkaketjun myyminen yhdellä lipulla lisää matkaketjun kilpailukykyä, kun myöhästymisriski jatkoyhteydeltä ei jää matkustajalle. Sekä fossiilittoman liikenteen tiekartassa että Liikenne 12 -suunnitelmassa matkaketjujen kehittämiseen liittyviä toimenpiteitä ovat ainakin tieto-, lippu- ja maksujärjestelmien yhteentoimivuuden parantaminen, kokeilut ja yhteiskehittäminen kuntien ja palveluntarjoajien kesken sekä julkisen ja yksityisen sektorin vastuunjaon selkeyttäminen. Matkustajainformaation kehittämiseksi solmupisteissä Liikenne 12 -suunnitelmassa on toimenpide tuesta kaukoliikenteen solmupistetoimijoille digitaalisen ja fyysisen matkustajainformaation uudistamiseksi.

Liikenne 12 sisältää MaaS-ajattelua edistäviä toimenpiteitä. Kuntatasolla näitä ovat erityisesti kokeilut ja yhteinen kehittäminen sekä mahdollistava maankäyttö ja valtiotasolla tarvittaessa lainsäädännölliset keinot. Valtion roolina on myös kehittää toimintamalli toimijoiden yhteistyön vahvistamiseksi ja vastuiden selkeyttämiseksi Liikenne- ja viestintäviraston johdolla yhteistyössä kaupunkien ja palvelutuottajien kanssa.

Pelkkä uusien liikkumispalveluiden kehittäminen ei riitä oletettuun liikenteen palveluistumisen skenaarioon pääsemiseksi, vaan myös henkilöautoilua hillitseviä toimenpiteitä tarvitaan varsinkin, jos halutaan kasvattaa kestävien liikkumismuotojen kulkumuoto-osuutta. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmä suosittelee, että hallitusohjelman mukaisesti säädetään laki, joka mahdollistaa kaupunkiseutujen liikenteen hallintaan tähtäävien ruuhkamaksujen käyttöönoton. Kilometrivotusta ei suositella lyhyen aikavälin päästövähennystoimeksi, sillä hiilen hinnoitteluksi on fossiilittoman liikenteen tiekartassa ehdotettu liikenteen päästökauppajärjestelmää. Kilometrivotus nähdään kuitenkin pidemmällä aikavälillä mahdollisena toimenpiteenä.

Yksi fossiilittoman liikenteen tiekartan toimenpiteistä on romutuspalkkiokampanjan tai -kampanjojen toteuttaminen. Mikäli romutuspalkkioita ohjataan uuden henkilöauton hankkimiseen, ei palkkioilla tueta liikenteen palveluistumista. Jos palkkiot ohjataan siten, että niillä esitetään liikkumispalveluiden käyttöä, voidaan romutuspalkkioilla edesauttaa autosta luopumista ja liikenteen palveluistumista.

Fossiilittoman liikenteen tiekartassa on mainittu toimenpiteenä liikennesähkön ja -kaasun julkisen jakeluinfrastruktuurin tuen jatkaminen ja korottaminen. Toimenpide ei tue suoraan liikenteen palveluistumista, mutta se lisää liikenteen palveluistumisen potentiaalisia

päästövähennysvaikutuksia, mikäli jakeluinfrastruktuurilla tuetaan liikkumispalveluissa käytettävien ajoneuvojen siirtymistä kestäviin käyttövoimiin.

Liikkumispalveluiden ajoneuvotehokkuus ja keskikuorma vaikuttavat suoraan palveluiden kasvihuonepäästöihin ja yksi keino tehokkuuden nostamisessa on päästä osaoptimoimista suurempien kokonaisuuksien optimointiin. Tässä eri matkojen yhdistämisellä sa-moihin kuljetuksiin on keskeinen rooli. Liikenne 12:ssa on mainittu, että valtio voi edistää henkilökuljetusten yhdistelyä kohdentamalla joukkoliikenneviranomaisille ja kunnille valtionavustusta henkilökuljetusten yhdistelyyn sekä määrittämällä vastuutahon arvioimaan mahdollisuuksia yhdistellä kuntien ja Kelan hankkimaa tai korvaamaa lakisääteistä liikennettä toisiinsa esimerkiksi yhtenäisillä hankintakäytännöillä.

6.2 Palveluistumista tukevia lisätoimenpiteitä

Tässä luvussa kuvataan selvityksen aikana esiin tulleita liikenteen palveluistumiseen ja liikenteen palveluistumisen kasvihuonepäästövaikutuksiin vaikuttavia merkittäviä toimenpiteitä, jotka eivät sisälly edellisessä luvussa kuvattuihin Fossiilittoman liikenteen tiekarttaan ja Liikenne 12 -suunnitelmaan sisältyneisiin jo päätettyihin toimenpiteisiin.

Käyttäjiä voidaan ohjata tiettyjen liikennepalveluiden käyttöön käyttämällä ”keppiä” ja ”porkkanoita”. Porkkanoihin liittyy liiikennepalveluiden kysynnän lisääminen liikkumispalveluita tehostamalla ja sitä kautta niiden hintoja alentamalla sekä niiden palvelutasoa parantamalla. Kepit liittyvät puolestaan usein yksityisautoilun tai vähemmän kestävien kulkumuotojen tarjonnan vähentämiseen ja niiden houkuttelevuuden hillitsemiseen ”pakon” (esim. muita kulkumuotoja ja liikkumispalveluita ajallisesti ja maantieteellisesti kieltämällä) ja ”sakon” (esim. subventio ja verotukselliset keinot) avulla.

Liikennepalveluiden kysynnän lisääminen

Joukkoliikenteen subventio ja sen kohdentaminen alueellisesti on merkittävä vaikutusmekanismi liikenteen palveluistumisen kehittymiseen. Joukkoliikenteen subvention lisäksi on monia muita rahoituksellisia keinoja, joiden avulla voidaan tukea liikenteen palveluistumista ja liikenteen palveluistumisen päästövaikutuksia. Esimerkiksi kestäviä liikkumispalveluita voidaan edistää suoraan ja välillisesti mahdollistamalla verotuksellisesti liikkumisbudjettimalli, pienentämällä tai poistamalla arvonlisävero liikenteen palveluista, tukemalla yritysten liikkumissuunnitelmien tekoa ja tarjoamalla yrityksille sähköautojen hankintatukea. Rahoituksellisiin keinoihin kytkeytyy myös kuntien ja kaupunkien hankintaosaamisen lisääminen ja uudenlaisten hankinta- ja toimintamallien kokeilu, niin että ne tukevat toimivia markkinoita.

Kaupunkiympäristöä on monin paikoin rakennettu henkilöautoilun ehdoilla ja vasta viime vuosina on noussut esille muiden kulkumuotojen parempi huomioiminen. Haasteena on, kuinka jakaa rajallinen kaupunkitila eri kulkumuotojen tarpeita varten ja tukemaan liikenteen palveluistumista. Kimppakyytিকাistöjen käyttöönotto lisää kimppakyytien houkuttelevuutta suhteessa yksityisautoiluun. Koronakriisin aikana kävelyn ja pyöräilyn merkitys on korostunut ja monet kaupungit ovat alkaneet muokata kaupunkitilaa joko tilapäisesti tai pysyvästi siten, että kävelylle ja pyöräilylle on enemmän tilaa (ITF 2020b). Myös kaupunkirakenteen tiivistäminen lisää kävelyn ja pyöräilyn kysyntää.

Liikenne- ja viestintäministeriön asettaman digiloikkaa selvittävän työryhmän loppuraportissa (LVM 2020b) käsitellään laajasti suomalaisen yhteiskunnan digitalisaation kehityssuuntaa ja toimia, joilla vahvistetaan edelleen digitaalista toimintaa ja osaamista. Raportissa työryhmä esittää kuusi ensisijaista toimenpide-ehdotusta, joilla digiloikkaa voitaisiin vakiinnuttaa ja digitalisaatiokehitystä edelleen vauhdittaa. Esitetyistä toimenpiteistä liikenteen palveluistumiseen vaikuttaa erityisesti keinoälyn kautta datan parempi hyödyntäminen sekä datan yhteentoimivuuden kehittäminen.

Keinoäly mahdollistaa entistä paremmin yksilöllisten tarpeiden huomioimisen liikennepalveluiden tarjonnassa ja saumattomia matkaketjuja luotaessa. Keinoälyä hyödyntävillä optimointijärjestelmillä voidaan myös tehostaa liikennepalveluiden tarjontaa, mikä puolestaan mahdollistaa entistä kilpailukykyisemmän hinnoittelun ja sitä kautta tukee oletetun liikenteen palveluistumisen skenaarion toteutumista.

Yhteiskunnan tietovarantojen yhteentoimivuuden, saatavuuden ja uudelleen hyödyntämisen lisäämiseksi on kehitettävä digitaalisen datan perusrakenteita. Osana tätä kokonaisuutta liikenne- ja viestintäministeriö ja Traffic Management Finland Oy luovat tarvittavat digitaaliset keinot datan jakamiseen ja näin edistävät sujuvia ja tehokkaita matka- ja kuljetusketjuja, jotka jo Liikenne 12 -suunnitelman toimenpiteiden käsittelyn yhteydessä on kuvattu keskeiseksi osaksi liikenteen palveluistumisen oletettua skenaariota.

Fossiilittoman liikenteen tiekartassa ja Liikenne 12 -selvityksessä on mainittu eri palveluiden lippu-, maksu- ja tietojärjestelmien avoimuuden ja yhteentoimivuuden edistäminen. Tähän liittyvänä mahdollisena lisätoimenpiteenä on käyttäjän tunnistautumisen mahdollistaminen pelkällä pankkikortilla tai mobiilisovelluksella joukkoliikenneviranomaisesta riippumatta. Esteettömyyden ja yhdenvertaisuuden varmistamiseksi kaikkia joukkoliikenteen tai liikkumispalveluiden käyttöön liittyviä toimintamalleja ei voida kokonaan digitalisoida, vaan on varmistettava myös muiden kuin digitaalisten maksutapojen käyttö.

Fossiilittoman liikenteen tiekartassa on jo mainittu toimenpiteenä liikennesähkön ja kaasun julkisen jakeluinfrastruktuurin tuen jatkaminen ja korottaminen, millä tuetaan liikkumispalveluissa käytettävien ajoneuvojen siirtymistä kestäviin käyttövoimiin. Samaan

suuntaan ohjaa myös elokuussa 2021 voimaan astunut laki puhtaiden ajoneuvojen hankinnoista. Tämän lisäksi on huomioitava, että taksi- ja kutsuliikenteen palveluiden tuottaminen täyssähköisillä ajoneuvoilla vaatii latausinfrastruktuurin rakentamista palveluissa käytettävien ajoneuvojen hyödynnettäväksi. Mitä lähempänä latausinfrastruktuuri on liikumistarvetta, sitä vähemmän syntyy ylimääräistä ajoa ajoneuvon latausta varten. Kaupalliset palveluntarjoajat tarvitsevat julkisen tahon tukea sopivien latausinfrastruktuurisijaintien löytymiseksi.

Liikkumispalveluiden ajoneuvotehokkuus ja keskikuorma vaikuttavat suoraan kasvihuonepäästöihin. Liikenteen palveluistumisen oletetussa skenaariossa on mainittu, että erityisesti autonomisen liikenteen myötä taksiliikenteellä ja kutsuliikenteellä on keskeinen rooli henkilöautoilun korvaamisessa. Erityisesti suurissa kaupungeissa henkilöautoilun korvaaminen taksiliikenteellä ei kuitenkaan ratkaise liikenteen ongelmia, kuten ruuhkautumista, jolloin matkojen yhdistely kutsuliikenteen muodossa on priorisoitava tarjonnassa taksiliikenteen edelle. Julkisten toimijoiden toimenpiteillä voidaan ohjata, kumpaan liikkumispalveluun kysyntä kohdistuu.

Yksityisautoilun tai vähemmän kestävien kulkumuotojen tarjonnan vähentäminen

Henkilöautojen pysäköinnillä on merkittävä vaikutus henkilöautoilun houkuttelevuuteen. Autojen pysäköintiin käytettävää tilaa rajoittamalla voidaan lisätä yhteiskäyttöautojen kysyntää ja tarjontaa (Erich 2018). Samoin pysäköinnin hintaa korottamalla hillitään henkilöautoilua ja sitä mahdollistetaan oletettuun liikenteen palveluistumisen skenaarioon pääsemistä. Liikennepalveluiden käyttöä työmatkaliikenteessä on mahdollista lisätä muuttamalla työpaikoilla tarjottava ilmainen pysäköinti verotettavaksi ja sitä kautta maksulliseksi.

Erityisesti urbaaneilla alueilla autoliikenteen mahdollisuuksien säätelyminen vaikuttaa suoraan tai välillisesti liikenteen palveluistumiseen. Yksityisautojen käyttöä voidaan esimerkiksi rajoittaa tai kieltää joillain kaupungin alueilla.

Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävä työryhmä on arvioinut nykyisen liikenteen verojärjestelmän sekä muiden verokeinojen ja veronluonteisten maksujen toimivuutta ja vaikutuksia ilmastotavoitteiden ja valtiontalouden kannalta (VM 2021). Yksi työryhmän suosittamista toteuttamisvaihtoehdoista on vero-ohjaus ajoneuvoveron perusverosta polttoaineveroon. Tällä verotuksellisella muutoksella olisi oletettavasti merkittävä liikkumispalveluiden käyttöä lisäävä vaikutus sillä perusteella, että kuluttajat eivät yleensä ota kulkumuotoa valittaessa henkilöauton vuosittain maksettavaa ajoneuvoveroa enää huomioon osana autoilun kustannuksia. Tällöin autoilun kustannus matkaa kohti nähdään todellista kilpailukykyisempänä suhteessa liikkumispalveluihin.

Muut lisätoimenpiteet

ITF:n vuoden 2019 katselmuksessa (ITF 2019) kestävän liikenteen edistämiseksi nostettiin monia toimenpiteitä, kuten paremmat mallinnustyökalut, liikennejärjestelmien muunneltavuus muuttuvissa olosuhteissa sekä kokeilevan kulttuurin ja iteratiivisten muutosten tekeminen liikennejärjestelmään. Parempiin mallinnustyökaluihin liittyen on myös tässä selvityksessä havaittu tarve kehittää liikenteen mallinnusta siten, että se kykenee huomioimaan entistä paremmin liikenteen palveluistumisen.

7 Johtopäätökset ja suositukset

7.1 Johtopäätökset

Tässä työssä on tarkasteltu liikenteen palveluistumisen potentiaalia liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Tehtyjen mallinnusten mukaan liikenteen oletettu palveluistuminen vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 80 tuhatta tonnia vuonna 2030. Mikäli liikkumispalveluissa käytettävät ajoneuvot sähköistyvät yksityisautoilua nopeammin ja ovat täysin sähkökäyttöisiä ja nollapäästöisiä, on mallinnusten perusteella mahdollista vähentää liikenteen palveluistumisella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä 260–300 tuhatta tonnia jo vuonna 2030. Vuonna 2045 liikenteen palveluistuminen on tehostunut erityisesti autonomisen liikenteen ja tehokkaan kutsuliikenteen laajamittaisen käytön myötä, jolloin liikenteen palveluistuminen vähentää tehtyjen mallinnusten perusteella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä noin 580 tuhatta tonnia.

Työ on keskittynyt selvittämään liikenteen palveluistumisen vaikutuksia liikenteen kasvihuonepäästöihin. Lisäksi on huomioitava, että liikenteen palveluistumisella on paljon muitakin vaikutuksia, joita ei ole tämän työn yhteydessä arvioitu. Lisäksi liikenteen palveluistumisen kehittyminen työssä oletetussa laajuudessa edellyttää toimenpiteitä, joiden kustannusten ja vaikutusten kattava arviointi ei ole ollut tämän selvityksen yhteydessä mahdollista.

Autonomistuksen väheneminen on merkittävä selittävä tekijä työssä arvioidulle kasvihuonekaasujen vähenemiselle. Tämä on luonnollista, sillä liikenteen palveluistumisella on tutkimustulostenkin mukaan merkittävää autonomistusta vähentävää vaikutusta. Tutkimusmenetelmällisesti haasteena työssä on ollut, että malliteknisesti autonomistusta on ollut lähtötietomuuttuja, eikä liikenteen palveluistumisen vaikutusta autonomistukseen ole mallinnettu. Mikäli liikenteen palveluistumisella ei vaikuteta autonomistukseen skenaarioissa oletetusti, jää liikenteen palveluistumisen vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin tässä selvityksessä arvioitua pienemmäksi.

Työssä saatuihin tuloksiin sisältyy merkittäviä epävarmuuksia, sillä muutokset edellä mainitussa autonomistuksessa, ihmisten liikkumiskäyttäytymisessä sekä uusien liikkumispalveluiden käyttöönotossa eivät usein ole lineaarisia vaan epälineaarisia, jolloin muutosta voidaan helposti aliarvioida. Tässä selvityksessä tarkasteluvuosina 2030 ja 2045 liikenteen palveluistumisen skenaariot ovat aivan eri mittaluokassa. Skenaarioiden ajallinen toteutuminen on kuitenkin erittäin epävarmaa. Sama epävarmuus liittyy autonomiseen

liikenteeseen, joka on olennainen tekijä oletetun liikenteen palveluistumisen taustalla vuonna 2045.

Tämän työn rinnalla, myös osana Fossiilittoman liikenteen tiekarttaa, on ollut käynnissä etätyön potentiaalia arvioiva selvitystyö. Tämän työn tarkasteluja on rajattu siten, ettei etätyön vaikutuksia aluerakenteeseen tai liikenteen ajosuoritteisiin ole huomioitu. Tuloksissa onkin huomioitava, ettei etätyön ja liikenteen palveluistumisen yhteenlaskettu kasvihuonekaasupäästöjen vähennyspotentiaali ole selvitysten tulosten summa. Esimerkiksi tässä selvityksessä tarkastellulla matkalla, jolla henkilöauton käyttö olisi korvattu liikennepalvelulla, ei saavuteta päästövaikutuksia, mikäli matka on jo etätyöskentelyn myötä jätetty kokonaan toteuttamatta.

7.2 Suositukset

Työssä on kuvattu liikenteen palveluistumista tukevia toimenpiteitä, joiden toteutumisella on keskeinen asema oletettuun liikenteen palveluistumisen skenaarioon vuosina 2030 ja 2045 pääsemiseksi. Mikäli työn tuloksien mukaisesti kasvihuonekaasuvähennyksiin halutaan päästä, on työn suosituksena edistää näitä toimenpiteitä ja erityisesti toimenpiteitä, joilla on merkittävä vaikutus liikenteen palveluistumisen kasvihuonepäästövaikutuksiin. Näitä toimenpiteitä ovat

- kaupunkitilan kehittäminen aktiivista liikkumista entistä paremmin tukevaksi
- liikennepalveluihin liittyvien järjestelmien avoimuuden ja yhteentoimivuuden edistäminen ja käyttäjän tunnistautumisen mahdollistaminen pelkällä pankkikortilla tai mobiilisovelluksella joukkoliikenneviranomaisesta riippumatta
- henkilöautojen pysäköinnin hinnankorotukset ja pysäköintitilan rajoittaminen
- kaupunkiseutujen liikenteen hallintaan tähtäävien ruuhkamaksujen käyttöönotto
- kutsuliikenteen kehittäminen yhdessä yhteiskunnan maksamien kuljetusten kanssa erityisesti ennen autonomisen liikenteen käyttöönottoa.

Liikkumispalveluiden ajoneuvotehokkuus ja keskikuorma vaikuttavat suoraan kasvihuonepäästöihin. Jotta tässä selvityksessä arvioituihin päästövaikutuksiin päästäisiin, suositellaan julkisten toimijoiden toimenpiteitä toteutettavaksi siten, että niillä ohjataan kysyntää matkoja yhdisteleviin liikkumispalveluihin yksittäiskuljetusten sijaan. Vastaavasti liikenteen kasvihuonepäästöjen näkökulmasta suositellaan huolehdittavaksi, että liikenteen palveluistumisella tuetaan perinteisen joukkoliikenteen käyttöä eikä tehdä siitä entistä vähemmän houkuttelevaa.

Kuten työn johtopäätöksissä on mainittu, on tutkimusmenetelmällisesti haasteena ollut se, ettei autonomistuksen muutoksia ole kyetty mallintamaan. Työkalu autonomistuksen mallinnukseen puuttuu, eikä mallinnukseen tarvittavaa dataa ei toistaiseksi ole saatavissa. Työn suosituksena onkin varmistaa Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin pitkäjänteinen rahoitus ja kehitys sekä liikenteen palveluistumiseen liittyvien käyttäytymismallien kehittämistä tukevan tutkimuksen rahoittaminen.

7.3 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

1. Miten liikenteen palveluistuminen vaikuttaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin?

1a. Millainen merkitys liikenteen palveluistumisella on liikenteen päästökehitykseen, ottaen huomioon alueelliset erot (suuret kaupungit/keskisuuret/harvaan asuttu alue)?

Liikenteen palveluistumisella on liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi vähentävä vaikutus silloin, kun liikenteen palveluistuminen toteutuu suuressa mittakaavassa ja kun liikenteen palveluistuminen vaikuttaa merkittävästi autonomistuksen vähenemiseen. Liikenteen palveluistumisella on päästövähennyksiin erityisen suuri merkitys, mikäli liikkumispalveluissa käytettävä ajoneuvokanta sähköistyy ja/tai muuttuu päästöttömäksi ennen muuta henkilöautokantaa.

Työssä ei ole tarkastelu liikenteen palveluistumisen päästövaikutuksia erikseen eri alueille.

1b. Miten liikenteen palveluistuminen ja uusien palvelujen yleistymisen vaikuttavat liikkumistarpeeseen (suorite), matkojen suuntautumiseen, kulkutapaosuuksiin ja -jakaumaan sekä kokonaismatkamäärään? Miten liikenteen palveluistuminen vaikuttaa kuluttajakäyttäytymiseen (omistamisesta palveluiden käyttöön)?

Työssä käytetyllä tutkimusmenetelmällä ei ole saatu selvitettyä liikenteen palveluistumisen vaikutusta liikkumistarpeeseen eikä kokonaismatkamäärään.

Vuonna 2030 liikenteen palveluistuminen laskee henkilöautolla tehtyjen matkojen kulkutapaosuutta 6 prosenttiyksiköllä siten, että siirtymä on suurelta osin bussilla tehtävään perinteiseen joukkoliikenteeseen, kutsuliikenteeseen, yhteiskäyttöautoihin sekä yhteiskäyttöisiin polkupyöriin ja sähköpotkulautoihin. Vuonna 2045 liikenteen palveluistuminen laskee henkilöautolla tehtyjen matkojen kulkutapaosuutta 18 prosenttiyksiköllä siten, että merkittävimmät kulkumuotosiirtymät ovat perinteiseen joukkoliikenteeseen, kävelyyn ja polkupyöräilyyn.

Liikenteen palveluistumisen arvioidaan vaikuttavan vähentävästi oman henkilöauton omistamiseen ja siirtymiseen liikkumispalveluiden käyttöön.

1c. Mikä on liikenteen palveluistumisen päästövähennyspotentiaali (CO2-tonneina)?

Liikenteen oletettu palveluistuminen vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 80 tuhatta tonnia vuonna 2030. Mikäli liikkumispalveluissa käytettävät ajoneuvot sähköistyvät yksityisautoilua nopeammin ja ovat täysin sähkökäyttöisiä ja nollapäästöisiä, on mallinnusten perusteella mahdollista vähentää liikenteen palveluistumisella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2030 jo 260–300 tuhatta tonnia.

Vuonna 2045 liikenteen palveluistuminen vähentää tehtyjen mallinnusten perusteella vuosittaisia kasvihuonekaasupäästöjä noin 580 tuhatta tonnia.

1d. Miten uusien liikkumispalvelujen yleistymisen aikaansaama muutos liikkumisessa tulisi huomioida liikenne-ennusteen päivittämisessä ja liikenteen mallinnuksen kehittämisessä?

Olemassa oleva liikennemallinnusjärjestelmä ei mahdollista autonomistuksen mallinnusta ja uudet liikkumispalvelut on jouduttu kuvaamaan mallissa olemassa olevien kulkumuotojen perusteella. Liikenteen palveluistumisen huomioinen liikenteen palveluistumisen kehittämisessä edellyttääkin liikenteen mallinnuksen pitkäjänteistä rahoitusta ja kehittämistä sekä liikenteen palveluistumiseen liittyvien käyttäytymismallien kehittämistä tukevan tutkimuksen rahoittamista.

2. Millaisilla toimenpiteillä valtio voi edistää liikenteen palveluistumista huomioiden liikenteen päästövähennystavoitteet 2030 ja 2045?

2a. Mitkä ovat olemassa olevien selvitysten perusteella keskeiset keinot, joilla valtio voi edistää liikenteen palveluistumista liikenteen päästövähennystavoitteita edistään (huomioiden yksityisten ja julkisten toimijoiden rooli markkinoilla)?

Työssä on kuvattu laaja joukko liikenteen palveluistumista tukevia toimenpiteitä, joiden toteutumisella on keskeinen asema oletettuun liikenteen palveluistumisen skenaarioon vuosina 2030 ja 2045 pääsemiseksi.

Mikäli työn tuloksien mukaisesti kasvihuonekaasuvähennyksiin halutaan päästä, on työn suosituksena edistää näitä toimenpiteitä ja erityisesti toimenpiteitä, joilla on merkittävä vaikutus liikenteen palveluistumisen kasvihuonepäästövaikutuksiin. Näitä toimenpiteitä ovat

- kaupunkitilan kehittäminen aktiivista liikkumista entistä paremmin tukevaksi
- liikennepalveluihin liittyvien järjestelmien avoimuuden ja yhteentoimivuuden edistäminen ja käyttäjän tunnistautumisen mahdollistaminen pelkällä pankkikortilla tai mobiilisovelluksella joukkoliikenneviranomaisesta riippumatta.
- henkilöautojen pysäköinnin hinnankorotukset ja pysäköintitilan rajoittaminen
- kaupunkiseutujen liikenteen hallintaan tähtäävien ruuhkamaksujen käyttöönotto
- kutsuliikenteen kehittäminen yhdessä yhteiskunnan maksamien kuljetusten kanssa erityisesti ennen autonomisen liikenteen käyttöönottoa.

2b. Miten liikenteen palveluistumisen edistämiskeinojen mahdolliset päästövähennykset suhteutuvat liikenteelle asetettuihin päästötavoitteisiin?

Fossiilittoman liikenteen tiekartan mukaan tiekartan toimenpiteillä tulisi saada aikaan 1,65 Mt päästövähennys perusskenaarion mukaisen päästövähennyksen lisäksi, jotta tavoite liikenteen päästöjen puolittamisesta vuoteen 2030 mennessä voidaan saavuttaa. Liikenteen palveluistumisella voidaan saavuttaa noin 5 % tästä päästövähennystarpeesta, tai sähkökäyttöisiä ajoneuvoja liikkumispalveluissa käytettäessä jopa noin 17 %.

LÄHTEET

- Alemi et al. (2018). What influences travelers to use Uber? Exploring the factors affecting the adoption of on-demand ride services in California. *Travel Behav. Soc.*, vol. 13, s. 88–104.
- Brandt, E. ja Lindeqvist, M. (2016). Auton omistus Helsingin seudulla – katsaus menneeseen kehitykseen ja pohdintoja tulevasta. HSL Helsingin seudun liikenne julkaisu 19/2016.
- Bussière, Y.D.; Madre, J.; Tapia-Villarreal, I. (2019). Will peak car observed in the North occur in the South? A demographic approach with case studies of Montreal, Lille, Juarez & Puebla. *Econ. Anal. Policy*, vol. 61, s. 39–54.
- Butler, L., Yigitcanlar, T., Paz, A. (2020). Smart urban mobility innovations: A comprehensive review and evaluation. IEEE Access.
- Brandt, E.; Lindeqvist, M. (2016). Auton omistus Helsingin seudulla—katsaus menneeseen kehitykseen ja pohdintoja tulevasta. HSL 2016, nro. 19, s. 90.
- Chapin, F. S. (1974). *Human Activity Patterns in the City: Things People Do in Time and in Space*. Wiley, New York, 1974.
- Clark, S. (2007). Estimating local car ownership models. *J. Transp. Geogr.*, 2007, vol 15, s. 184–197.
- Circella, G., Alemi, F., Tiedeman, K., Handy, S., Mokhtarian, P. (2018). The adoption of shared mobility in California and its relationship with other components of travel behavior report. National Center for Sustainable Transportation, Davis.
- Clewlow, R.R., Mishra, G.S. (2017). Disruptive transportation: the adoption, utilization, and impacts of ride-hailing in the United States. Research Report—UCD-ITS-RR-17-07, UC Davis Institute of Transportation.
- Conway, W.M., Salon, D., King, A.D. (2018). Trends in taxi use and the advent of ridehailing, 1995–2017: evidence from the US National Household Travel Survey. *Urban Sci.* (2018).
- Davison, L., Enoch, M., Ryley, T., Quddus, M. and Wang, C. (2014). A survey of demand responsive transport in Great Britain. *Transp. Policy*, vol. 31, s. 47–54.
- Erhardt, G.D., Roy, S., Cooper, D., Sana, B., Chen, M., Castiglione, J. (2019). Do transportation network companies decrease or increase congestion? *Science Advances*, vol. 5, nro. 5, eaau2670.
- EY (2020). How mobility can help build a better post COVID-19 world. EY Mobility Consumer Index. https://www.ey.com/en_fi/automotive-transportation/how-mobility-can-help-build-a-better-post-covid-19-world (viitattu 18.6.2021).
- Faisal, A., Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Currie, G. (2019). Understanding autonomous vehicles. *J. Transp. Land Use*, vol. 12, nro. 1, s. 45–72
- Fishman, E., Allan, V. (2019). Bike share. *In Advances in Transport Policy and Planning*, vol. 4, s. 121-152. Academic Press.
- George, C., Julsrud, T.E. (2019). Cars and the sharing economy in cities. *In Advances in Transport Policy and Planning*, vol. 4, s. 7-38. Academic Press.
- Greenblatt, J. B. and Shaheen, S. (2015). Automated vehicles, on-demand mobility, and environmental impacts. *Current Sustain./Renew. Energy Rep.*, vol. 2, nro. 3, s. 74–81.
- Grischkat, S., Hunecke, M., Böhler, S., Hausteine, S. (2014). Potential for the reduction of greenhouse gas emissions through the use of mobility services. *Transport Policy* vol. 35, s. 295–303.
- Helminen, V. (2018). Kynnysarvot auttavat ymmärtämään kaupunkikudoksia – Autonomistuksen ja tiheyden välillä selkeä yhteys. <https://bemine.fi/kynnysarvot-auttavat-ymmartamaan-kaupunkikudoksia-autonomistuksen-ja-tiheyden-valilla-selkea-yhteys/> (viitattu 28.6.2021).
- Henao, A., Marshall, W.E. (2018). The impact of ride-hailing on vehicle miles traveled. *Transportation*, vol. 1, nro. 2.
- Hensher, D. A., Ho, C. Q, Reck, D. J., Smith, G. (2021). The Sydney Mobility as a Service (MaaS) Trial: Design, Implementation, Lessons and the Future.
- HSL (2016). Ajoneuvoliikenteen hinnoitteluselvitys, Tiivistelmäraportti. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/ajoneuvoliikenteen_hinnoitteluselvitys_tiivistelmaraportti_luonnos_0.pdf (viitattu 7.6.2021).
- HSL (2018). Autolla yhdessä – Jakamisen mahdollisuuksista. MAL 2019 –suunnitelman taustavalmisteluselvitys.
- HSL (2019). HSL:n tekemä analyysi OpenMaaS-rajapinnan käytöstä.
- ITF (2015). Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. *International Transport Forum Policy Papers*, nro. 6, OECD Publishing, Paris.
- ITF (2016). Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities. *International Transport Forum Policy Papers*, nro. 21, OECD Publishing, Paris.
- ITF (2017). Transition to Shared Mobility: How large cities can deliver inclusive transport services. *International Transport Forum Policy Papers*, nro. 33, OECD Publishing, Paris.

- ITF (2017b). Shared Mobility Simulations for Helsinki. *International Transport Forum Policy Papers*, nro. 64, OECD Publishing, Paris.
- ITF (2019). ITF Transport Outlook 2019. OECD Publishing, Paris.
- ITF (2020). Good to go? Assessing the environmental performance of new mobility. <https://www.itf-oecd.org/good-to-go-environmental-performance-new-mobility>. (viitattu 7.6.2021)
- ITF (2020b). *Covid-19 Transport Brief. Re-spacing Our Cities for Resilience*. 3.5.2020. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/respacing-cities-resilience-covid-19.pdf> (viitattu 7.6.2021)
- Jokinen, J.-P., Sihvola, T., Hyytilä, E., Sulonen, R., (2011). Why urban mass demand responsive transport? *2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems*. IEEE.
- Jung, J., Koo, Y. (2018). Analyzing the Effects of Car Sharing Services on the Reduction of Greenhouse Gas (GHG) Emissions. *Sustainability*, vol. 10, nro 2, s. 539.
- Kamargianni, M.; Matyas, M.; Li, W.; Muscat, J. (2018). Londoners' Attitudes towards Car-Ownership and Mobility-as-a-Service: Impact Assessment and Opportunities that Lie Ahead. *MaaS Lab—UCL Energy Institute Report*, Transport for London: London, UK
- Kiiskilä, K., Rintamäki, J. (2019). Liikkumisen palvelut valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa. Yhdistämispalveluiden (MaaS) ja eräiden liikkumispalveluiden huomioon ottaminen. *Traficom julkaisu* 22/2019.
- Kivari, M., Kiiskilä, K., Heltimo, J., Rönkä, K. (2006). Ihmisten liikkumistarpeet. *Tiehallinnon selvityksiä* 49/2006.
- Klein, N.J., Smart, M.J. (2017). Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. *Transp. Policy*, 2017, vol. 53, s. 20–29.
- Knie, A. & Ruhrort, L. (2020). Ride-Pooling-Dienste und ihre Bedeutung für den Verkehr. Nachfragemuster und Nutzungsmotive am Beispiel von „CleverShuttle“. Discussion Paper, SP III 2020–601.
- Kågeson, P. (2014). The causes and effects of declining driver license holdings in Sweden. *Working papers in Transp. Econ.* 2014:13, CTS – Centre for Transport Studies Stockholm.
- König, D., Sochor, J., Eckhardt, J., & Böhm, M. (2016). State-of-the-art survey on stakeholders' expectations for Mobility-as-a-Service (MaaS). In *Proceedings of the 23rd World Congress on Intelligent Transport Systems*. Melbourne: ITS Australia.
- Laakso, S. (2017). Giving up cars - The impact of a mobility experiment on carbon emissions and everyday routines. *Journal of Cleaner Production*, vol. 169, s. 135–142
- Liikennevirasto (2014). Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 12/2014.
- Liikennevirasto (2016). Esiselvitys liikenteen uusien palveluiden ympäristövaikutuksista ja niiden arvioinnista. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 28/2016.
- Liikennevirasto (2018a). Henkilöliikenteen palveluiden sanasto. Liikennevirasto, liikenteen palvelut -osasto. *Liikenneviraston oppaita* 1/2018. Helsinki 2018.
- Liikennevirasto (2018b). Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen. *Liikenneviraston tilastoja* 1/2018.
- Liikennevirasto (2018c). Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 57/2018.
- Liikennevirasto (2018d). Yhteiskäyttöautojen potentiaali ja vaikutukset käyttäjänäkökulmasta. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 25/2018.
- Liimatainen et al. (2015). Tarve, tottumukset, tekniikka ja talous – ilmastonmuutoksen hillinnän toimenpiteet liikenteessä. Suomen ilmastopaneeli.
- Liimatainen, H. & Viri, R. (2017). Liikenteen päästötavoitteiden saavuttaminen 2030 - politiikkatoimenpiteiden tarkastelu. Suomen ilmastopaneeli.
- Liljamo, T.; Liimatainen, H.; Pöllänen, M.; Tiikkaja, H.; Utriainen, R.; Viri, R. (2018). Automaattiautojen vaikutukset liikkumistottumuksiin. *Trafin tutkimuksia* 1/2018.
- Liljamo, T. (2018). Suomalaisten mielipiteitä MaaS-palveluista, liikennejärjestelmästä ja ilmastostrategiasta – Tuloksia kansalaiskyselystä. Liikenteen tutkimuskeskus Verne, Tampereen teknillinen yliopisto. https://research.tuni.fi/uploads/2020/11/99e76a8a-liljamo_maas-palvelukysely-1.pdf (viitattu 7. 6.2021)
- Liljamo, T.; Liimatainen, H.; Pöllänen, M.; Utriainen, R. (2020). People's current mobility costs and willingness to pay for Mobility as a Service offerings. *Transp. Res. Part A* vol. 136, s. 99–119.
- Liljamo, T. 2020. Tieliikenteen automaation ja palveluistumisen vaikutukset liikkumiseen tulevaisuudessa. Väitöskirja, Tampereen yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1741-6> (viitattu 7. 6.2021)
- Liljamo, T., Liimatainen, H., Pöllänen, M. & Viri, R. (2021). The Effects of Mobility as a Service and Autonomous Vehicles on People's Willingness to Own a Car in the Future. *Sustainability*, vol. 13, ro. 4, artikkelinro.1962.
- LVM (2020a). Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021-2032 – suunnitelmaluonnos, 13.11.2020.
- LVM (2020b). Digiloikasta vauhtia uuteen kasvuun ja hyvinvointiin Digitaaliset keinot koronaviruskriisin jälkihoidossa -työryhmän loppuraportti. *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu* 15/2020
- LVM (2020c). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Taustamuistio Mobility-as-a-Service (MaaS) ympäristövaikutuksista. Muistio 7.8.2020.

- LVM (2021). Fossiilittoman liikenteen tiekartta – Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonekaasujen vähentämisestä. 6.5.2021, LVM/2021/62.
- MaaS Global Oy (2020). MaaS Global OY:n Whim-palvelun käyttäjille lähetetyn asiakaskyselyn vastauksien pohjalta tehty analyysi ja yhteenvetokalvot.
- Martinez, L.M., Viegas, J.M. (2017). Assessing the impacts of deploying a shared self-driving urban mobility system: an agent-based model applied to the city of Lisbon. *Portugal. Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 6, s. 13–27.
- Mladenović, M., Haavisto N. (2021). Interpretative flexibility and conflicts in the emergence of Mobility as a Service: Finnish public sector actor perspectives. *Case Studies on Transport Policy*, 2021, vol 9, nro. 2, s. 851-859.
- Moilanen, P., Pesonen, H., Metsäranta, H., Haapamäki, T. (2011). Liikenteen strategiset mallit Liikennevirastossa, Esiselvitys. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 37/2011.
- Moilanen, P., Niinikoski, M., Rinta-Piirto, J., Koponen, V., Haapamäki, T. (2014). Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki 2014.
- Moilanen, P., Salomaa, O., Niinikoski, M. (2014). Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 12/2014.
- Moilanen, P., Niinikoski, M. (2017). Valtakunnallisten liikenne-ennusteiden kehittämisselvitys. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 6/2017.
- Moore, G. (1999). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Goods to Main-stream Customers*. New York: Harper Business.
- Nijland, H., van Meerkerk, J. (2017). Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol 23, s. 84–91.
- Oh, S., Lentzakis, A., Seshadri, R., Ben-Akiva, M. (2021). Impacts of Automated Mobility-on-Demand on traffic dynamics, energy and emissions: A case study of Singapore. *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 110, 102327
- Pangbourne, K., Mladenović, M.N., Stead, D., & Milakis, D. (2020). Questioning mobility as a service: Unanticipated implications for society and governance. *Transportation Research Part A*, vol. 131, s. 35–49.
- Ramboll (2019). WHIMPACT - Insights from the world's first Mobility-as-a-Service (MaaS) system. <https://ramboll.com/whimpact> (viitattu 7. 6.2021)
- Ramboll (2021). Gender and (Smart) mobility. Green Paper. https://ramboll.com/-/media/files/rgr/documents/markets/transport/g/gender-and-mobility_report.pdf (viitattu 7. 6.2021)
- Roukouni, A., Homem de Almeida Correia, G. (2020). Evaluation Methods for the Impacts of Shared Mobility: Classification and Critical Review. *Sustainability*, vol. 12, artikkelinro. 10504.
- Santi, P., Resta, G., Szell, M., Sobolevsky, S., Strogatz, S.H., Ratti, C. (2014). Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 111, nro. 37.
- Schaller, B. (2017). *Unsustainable? The Growth of App-Based Ride Services and Traffic, Travel and the Future of New York City*. Report, Schaller Consulting.
- Shaheen, S.; Cohen, A.; Chan, N.; Bansal, A. (2020). *Sharing Strategies: Carsharing, Shared Micromobility (Bike-sharing and Scooter Sharing), Transportation Network Companies, Microtransit, and Other Innovative Mobility Modes*. *Transportation, Land Use, and Environmental Planning*. Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2020; ISBN 9780128151679.
- Shaheen, S., & Cohen, A. (2019). Shared ride services in North America: definitions, impacts, and the future of pooling. *Transport reviews*, vol. 39, nro. 4, s. 427-442.
- Shaheen, S., Cohen, A., & Farrar, E. (2019a). Carsharing's impact and future. *In Advances in Transport Policy and Planning*, vol. 4, s. 87-120, Academic Press.
- Shaheen, S., Cohen, A., & Zohdy, I. (2016). Shared mobility: current practices and guiding principles. United States. Federal Highway Administration. Julkaisunumero FHWA-HOP-16-022.
- Sihvola, T., Jokinen, J-P., Sulonen, R. (2012). User needs for urban car travel: Can Demand-Responsive Transport Break Dependence on the Car? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2277, s. 75-81.
- Sihvola, T., Häme, L., Sulonen, R. (2010). Passenger-Pooling and Trip-Combining Potential of High-Density Demand Responsive Transport. *In Proceedings of the 89th Transportation Research Board Annual Meeting*. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Sihvola, T., Kujala, R. (2021). Potential of MaaS on decreasing CO2 emissions.
- Sikder, S. (2019). Who uses ride-hailing services in the United States? *Transp. Res. Rec.*, vol. 2673, nro. 12, s. 40-54.
- Sioui, L., Morency, C., Trepanier, M., (2013). How carsharing affects the travel behavior of households: a case study of Montreal, Canada. *Int. J. Sustain. Transp.*, vol. 7, nro. 1, s. 52– 69.
- Sochor, J., Karlsson, M., Strömberg, H. (2016). Trying out Mobility as a Service: Experiences from a field trial and implications for understanding demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2542, s. 57–64.

- Sochor, J., Karlsson, M., Strömberg, H. (2016). Trying out Mobility as a Service: Experiences from a field trial and implications for understanding demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2542, s. 57–64.
- Steininger, K., Vogl, C., Zettl, R., (1996). Car-sharing organizations: the size of the market segment and revealed change in mobility behavior. *Transp. Policy*, vol. 3, nro. 4, s. 177–185.
- Tiikkaja, H., Liimatainen, H. (2021). Car access and travel behaviour among men and women in car deficient households with children. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 10, s. 100367.
- Tirachini, A. (2020). Ride-hailing, travel behaviour and sustainable mobility: an international review. *Transportation*, vol. 47, s. 2011–2047.
- Tirachini, A., del Río, M. (2019). Ride-hailing in Santiago de Chile: users' characterisation and effects on travel behaviour. *Transp. Policy*, vol. 82, s. 46–57.
- Tirachini, A., Gomez-Lobo, A. (2019). Does ride-hailing increase or decrease vehicle kilometers traveled (VKT)? A simulation approach for Santiago de Chile. *Int. J. Sustain. Transp.*, vol 14 (2020), s. 187-204.
- Traficom (2021). Liikenneverkon strateginen tilannekuva. *Traficom julkaisu 23/2021*.
- Via (2021). ViaVan Espoo on-demand ride sharing pilot final report. <https://hslfi.azureedge.net/globalassets/hsl/kutsukyyti/20210329-espoo-report.pdf> (viitattu 7. 6.2021)
- VM (2021). Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti. Valtiovarainministeriön julkaisu 2021:26.
- VTT (2019). ALPIO-hankkeen tuloksia. 12.12.2019. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/26817396/ALPIO_tuloksia.pdf (viitattu 7.6.2021)
- Yi, W., Yen, J. (2020). Energy consumption and emission influences from shared mobility in China: A national level annual data analysis. *Applied Energy*, vol. 277, s. 115549.
- Zong, W., Zhang, J., Jiang, Y. (2019). Long-term changes in Japanese young people's car ownership and usage from an expenditure perspective. *Transp. Res. Part. D*, vol. 75, s. 23–41.

Twitter: @lvm.fi
Instagram: lvmfi
Facebook.com/lvmfi
Youtube.com/lvm.fi
LinkedIn: Liikenne- ja viestintäministeriö

lvm.fi