

# Kaupallisten ajoneuvojen rooli liikenteen ilmastopolitiikassa (KAROLIINA)

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA  
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2021:34

[tietokayttoon.fi](https://tietokayttoon.fi)

# Kaupallisten ajoneuvojen rooli liikenteen ilmastopolitiikassa (KAROLIINA)

Mikko Pihlatie, Juhani Laurikko, Mika Naumanen, Henri  
Wiman, Jyri Rökman, Rasmus Pettinen, Marko Paakkinen,  
Petr Hajduk, Pekka Rahkola,  
Teknologian tutkimuskeskus VTT

Marita Laukkanen, Anna Sahari, VATT

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)

Valtioneuvoston kanslia

© Tekijät ja valtioneuvoston kanslia

ISBN pdf 978-952-383-460-6

ISSN pdf 2342-6799

Taitto Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Kaupallisten ajoneuvojen rooli liikenteen ilmastopoliitikassa (KAROLIINA)

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 2021:34

Kustantaja Valtioneuvoston kanslia

**Tekijät** Mikko Pihlatie, Juhani Laurikko, Mika Naumanen, Henri Wiman, Jyri Rökman, Rasmus Pettinen, Marko Paakkinen, Petr Hajduk, Pekka Rahkola, Marita Laukkanen, Anna Sahari  
**Toimittaja** Mikko Pihlatie  
**Kieli** Suomi **Sivumäärä** 241

**Tiivistelmä** Liikennesektorilla on asetettu kunnianhimoiset tavoitteet päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiseksi. Henkilö- ja joukkoliikenteen lisäksi logistiikan ja kuljetusten merkitys tuotannontekijänä kansantaloudelle ja elinkeinoelämälle on merkittävä kaupan ja teollisuuden aloilla ja näitä tukevissa palveluissa. Valmistavan teollisuuden ja viennin merkittävät tavara- ja arvovirrat kulkevat liikenteen ja kuljetusten kautta. Kaupallisten ajoneuvojen kilpailukyky ja kokonaistaloudellinen ymmärtäminen on uusien käyttövoimien esiinmarssissa tärkeää. Yritysten hankkimien ja operoimien ajoneuvojen ja työkonoiden, sekä näitä tukevien infrastruktuuriratkaisuiden tulee kyetä tukemaan prosesseja ja kokonaistaloudellisen kilpailukyvyyn kehittymistä mahdollisimman hyvin.

Tämän hankkeen tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, mitkä ovat yritysten hankkimien erilaisten ajoneuvojen ja työkonoiden rooli ja mahdollisuudet taakanjakosektorin ilmastopoliitikassa. Hankkeessa analysoidaan teknologiassa ja markkinassa käynnissä olevaa kehitystä ja muutoksia. Yritysten käytössä olevaa ajoneuvo- ja konekantaan analysoidaan tilastojen, ja käytössä olevia ohjauskeinoja kirjallisuuden ja muiden maiden kokemusten pohjalta. Analyysin kokoavana menetelmänä on skenaarioanalyysi, toisaalta omistajan kokonaiskustannusten kehittyminen raskaassa tieliikenteessä 15 vuoden jaksolla, sekä systeemidynaaminen mallinnus eri ajoneuvotyypeille ja käyttötapauksille. Työssä annetaan suosituksia siitä, mitä uusia ohjauskeinoja tulisi ottaa käyttöön, jotta suomalaisten yritysten hankkimat autot, ajoneuvot ja työkonoidet saataisiin nykyistä nopeammassa tahdissa kulkemaan vaihtoehtoisilla käyttövoimilla.

**Klausuuli** Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

**Asiasanat** Liikenteen sähköistyminen, vaihtoehtoiset käyttövoimat, maantiekuljetukset, logistiikka, päästöt, ohjauskeinot, omistajan kokonaiskustannus, systeemidynamiikka, ilmastopoliitiikka

ISBN PDF 978-952-383-460-6

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-460-6>

## Kommerciella fordonens roll i transportsektorns klimatpolitik (KAROLIINA)

---

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och  
forskningsverksamhet 2021:34

Förläggare Statrådets kansli

---

**Författare** Mikko Pihlatie, Juhani Laurikko, Mika Naumanen, Henri Wiman, Jyri Rökman, Rasmus Pettinen, Marko Paakkinen, Petr Hajduk, Pekka Rahkola, Marita Laukkanen, Anna Sahari

**Förläggare** Mikko Pihlatie

**Språk** Finska **Sidantal** 241

---

**Referat** Transportsektorn riktas ambitiösa mål angående förminskning av utsläpp och energiförbruk. I tillägg till person- och kollektivtrafiken spelar logistik och godstransporter en betydande roll som produktionsfaktor för nationalekonomin och näringslivet inom handel och industri samt relaterade tjänster. Varutransporterna och en stor del av värdet från framställande industrin och export sker via transport och logistik. Konkurrenskraften och insikter i de faktorer som påverkar totalekonomin för kommersiella fordonen inom transporten är viktiga då man ställer om mot nollutsläpp. De fordon och mobila arbetsmaskiner som företagen skaffar och opererar samt den infrastruktur som förses med energi ska som helhet kunna stödja de operativa processerna på ett ekonomiskt hållbart sätt.

Detta projekt har som mål att framkalla nya insikter om vilken roll de fordon och mobila arbetsmaskiner som anskaffas av företag har i bördefördelningssektorns klimatpolitik som strävar efter utsläppsminskningar. Projektet analyserar utvecklingen inom teknologi och marknad och pågående ändringar speciellt angående val av drivkraft. Fordon och mobila maskiner som ägs av företag analyseras med hjälp av statistisk information. Projektet analyserar olika politiska styrningsmedel som redan är i bruk eller kunde tas i bruk för att få finska företag att ta i bruk i snabbare takt fordon med alternativa drivmedel. Som forskningsmetod används skenarioanalys som omfattar två delar. Första delen är tekno-ekonomisk analys om ägarens helhetskostnader inom en ram på 15 år för olika typs fordon och dess användning (sk. användningsfall), den andra delen bygger vidare till en systemdynamisk modell med flera ytterligare faktorer.

**Klausul** Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt.

**Nyckelord** Transport elektrifiering, alternativa drivmedel, landtransporter, logistik, utsläpp, styrningsmedel, ägarens totalkostnad, systemdynamik, klimatpolitik

---

**ISBN PDF** 978-952-383-460-6

**ISSN PDF** 2342-6799

**URN-adress** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-460-6>

---

## The role of commercial vehicles in climate policy for the transport sector (KAROLIINA)

---

### Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2021:34

Published by Prime Minister's Office

---

<b>Author(s)</b>	Mikko Pihlatie, Juhani Laurikko, Mika Naumanen, Henri Wiman, Jyri Rökman, Rasmus Pet-tinen, Marko Paakkinen, Petr Hajduk, Pekka Rahkola, Marita Laukkanen, Anna Sahari		
<b>Publisher</b>	Mikko Pihlatie		
<b>Language</b>	Finnish	<b>Pages</b>	241

---

**Abstract** Finnish transport sector has ambitious targets to reduce emissions and energy use. In addition to private cars and public transport, freight and logistics play an important role as a factor of production for the national economy and businesses in industry and trade as well as services supporting these. Significant materials, products and value streams from the manufacturing industry and export pass through road transport. It is vital to understand the competitiveness and owner's cost elements of commercial vehicle fleets when introducing new energies. Zero emission vehicles and mobile machinery in the private sector and commercial operation as well as their supporting infrastructures need competitive total costs of ownership and must support the production processes they serve.

The project aims to generate new knowledge and information on the role and possibilities of commercial vehicles in climate policy towards zero-emission transport. The project analyses status and on-going developments in technology and market especially when it comes to new energies for road transportation. The analysis comprises statistics on vehicles and mobile machinery in Finland. Current and possible new policy measures are analysed and the discussion is on recommendations on additional policy measures needed to speed up adoption, through company procurements, of vehicles and mobile machinery with alternative propulsion energies. The method of the analysis is through scenarios, first, through total cost of ownership of heavy duty commercial vehicles in a period of 15 years. In a second step, these scenarios and several additional parameters feed into a system dynamics simulation.

**Clause** This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokaytoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

**Keywords** Transport electrification, alternative energies, land transport, logistics, emissions, policies, total cost of ownership, system dynamics, climate policy

---

**ISBN PDF** 978-952-383-460-6

**ISSN PDF** 2342-6799

**URN-address** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-460-6>

---

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>12</b>
1.1	Toimeksianto ja tavoitteenasettelu .....	12
1.2	Menetelmät ja aineistot .....	14
1.3	Rajaukset .....	14
1.4	Tulokset ja niiden hyödyntäminen .....	17
<b>2</b>	<b>Markkinatilanne ja teknologioiden kehitys .....</b>	<b>18</b>
2.1	Ajoneuvo- ja työkonekannan ryhmittely ja käyttötapaukset .....	18
2.2	Henkilöautot .....	19
2.2.1	Kaasu .....	26
2.2.2	Sähkö .....	28
2.2.3	Analyysi autoluokittain .....	30
2.2.4	Analyysi ominaispäästön mukaan .....	35
2.3	Pakettiautot .....	39
2.3.1	Analyysi ominaispäästön mukaan .....	43
2.4	Bussit .....	45
2.4.1	Kaasu .....	45
2.4.2	Sähkö .....	46
2.5	Kuorma-autot .....	49
2.5.1	Kaasu .....	50
2.5.2	Sähkö- ja hybridisovellukset .....	52
2.5.3	Nykyhetken markkinatilanne ja vaihtoehtoiset käyttövoimat .....	52
2.5.4	Kuorma-automarkkinoiden teknologiakehitys .....	54
2.6	Työkoneet .....	56
2.6.1	Työkoneiden markkinatilanteen yleiskatsaus .....	56
2.6.2	Työkoneiden käyttövoimavaihtoehdot .....	59
2.6.3	Sähkötyökoneiden markkinapotentiaali .....	62
<b>3</b>	<b>Tilastollinen analyysi tämän hetken tilanteesta .....</b>	<b>67</b>
3.1	Yleistä .....	67
3.1.1	Autojen lukumäärät .....	67
3.1.2	Henkilö- ja pakettiautojen polttoaineen normi- vs todellinen kulutus .....	72

3.2	Henkilöautot .....	75
3.2.1	Henkilöautojen luokittelu ja lukumäärät .....	75
3.2.2	Henkilöautojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO <sub>2</sub> -päästöt .....	77
3.3	Pakettiautot .....	81
3.3.1	Pakettiautojen luokittelu ja lukumäärät .....	81
3.3.2	Pakettiautojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO <sub>2</sub> -päästöt .....	82
3.4	Linja-autot .....	85
3.4.1	Linja-autojen luokittelu ja lukumäärät .....	85
3.4.2	Linja-autojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO <sub>2</sub> -päästöt .....	87
3.5	Kuorma-autot .....	90
3.5.1	Kuorma-autojen luokittelu ja lukumäärät .....	90
3.5.2	Kuorma-autojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO <sub>2</sub> -päästöt .....	92
3.5.3	Tavarankuljetus .....	98
3.6	Työkoneet .....	105
3.6.1	Työkoneiden luokittelu ja lukumäärät .....	105
3.6.2	Työkoneiden keskimääräinen polttoaineenkulutus ja CO <sub>2</sub> -päästöt .....	107
3.7	Suoritetietojen yhteenveto ja vertailu virallisiin tilastoihin .....	109

## **4 Nykyisten ja vaihtoehtoisten ohjauskeinojen analyysi ..... 119**

4.1	Jo käytössä olevat ohjauskeinot ja niiden arvioitu vaikuttavuus: tuloksia tutkimuskirjallisuudesta .....	119
4.1.1	Autojen verotus: autovero .....	120
4.1.2	Autojen verotus: ajoneuvovero .....	120
4.1.3	Ajamisen verotus: käyttövoimien verotus .....	122
4.1.4	Työsuhdeautojen verotus .....	123
4.1.5	Tankkaus- ja latausinfrastruktuurin tukeminen .....	124
4.1.6	Ajoneuvojen hankintatuet .....	124
4.1.7	Informaatio-ohjaus .....	125
4.1.8	Julkiset hankinnat .....	126
4.1.9	Biopolttoaineiden jakeluvaihto .....	127
4.1.10	Päästöstandardit .....	127
4.2	Ohjauskeinoja, jotka eivät vielä ole Suomessa käytössä .....	130



4.3	Millaisia ohjauskeinoja on käytössä muualla maailmassa ja mikä on niiden arvioitu vaikuttavuus? Vertailevaa tietopohjaa eräissä muissa Euroopan maissa käytössä olevista ohjauskeinoista.....	132
4.3.1	Ruotsi .....	132
4.3.2	Norja <sup>[1]</sup> .....	132
4.3.3	Tanska.....	133
4.3.4	Saksa <sup>[2]</sup> .....	134
4.3.5	Hollanti <sup>[3]</sup> .....	134
4.4	Millä erityyppisillä keinoilla voidaan vaikuttaa yritysten ajoneuvo- ja työkonekannan uudistumiseen kustannustehokkaimmin? .....	136
<b>5</b>	<b>Kyselyt ja tiedonkeruu, ostopäätöksiin vaikuttavat tekijät .....</b>	<b>138</b>
5.1	Käytössä olevat ajoneuvot .....	139
5.1.1	Ajoneuvojen ja työkoneiden uusimistiheys .....	140
5.1.2	Päästöjen ja käyttövoimien huomioiminen ajoneuvojen ja työkoneiden valinnassa .....	142
5.1.3	Oleelliset tietolähteet ja aiheet päästöihin ja käyttövoimiin liittyen .....	144
5.1.4	Vaihtoehtoiset käyttövoimat ja mahdolliset päästövähennyskeinot.....	147
5.2	Päästöjen vähentämisen tavoitteet ja esteet .....	149
5.2.1	Tavoitteet, asiakastarpeet ja alan kehitys.....	149
5.2.2	Toimialojen koettu ajosuoritesidonnaisuus.....	152
5.2.3	Esteet ja edistävät tekijät.....	154
5.3	Vähähiiliseen siirtymään liitetyt riskit .....	156
5.3.1	Ohjauskeinoihin yhdistetyt mielikuvat.....	158
<b>6</b>	<b>Skenaariot ja vaikuttavuusanalyysit .....</b>	<b>160</b>
6.1	Skenaariot omistajan kokonaiskustannuksen kehitykselle (TCO).....	160
6.1.1	Menetelmä ja lähtötiedot .....	160
6.1.2	Analysoidut perustapaukset ja niiden TCO-skenaariot.....	164
6.1.3	TCO-mallinnuksen tulokset .....	166
6.1.4	Tulosten tarkastelua .....	178
6.2	Simulaatiomallintamisen menetelmä.....	183
6.2.1	Yleiskuva ja perustelut.....	183
6.2.2	Mallin rakenne .....	184
6.2.3	Lähtötiedot ja herkkyysanalyysi.....	186

6.3	Simulaatiotestejä .....	187
6.4	Vaikutusarviointi .....	196
6.4.1	Testien vertailua .....	196
6.4.2	Laadullinen tulkinta ja ohjauskeinot.....	203
<b>7</b>	<b>Kehityksen ja ohjauskeinojen arviointi.....</b>	<b>207</b>
7.1	Omistajan kokonaiskustannusten kehittyminen .....	207
7.2	Systemidynaaminen mallinnus.....	208
<b>8</b>	<b>Yhteenveto ja suositukset .....</b>	<b>210</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>219</b>	
8.1	Tilastollinen analyysi .....	219
8.2	TCO-analyysin lähtötietoja .....	226
8.3	Simulaatiomallin parametrit.....	229
8.3.1	Ajoneuvokanta.....	229
8.3.2	Tekniikka .....	230
8.3.3	Käyttäytyminen.....	232
8.3.4	TCO-skenaariot simulaatiomallissa .....	234
<b>Lähteet</b> .....	<b>237</b>	

## 2020-LUKU: LIIKENTEEN KÄYTTÖVOIMAMURROKSEN VUOSIKYMMEN

Kansallinen fossiilittoman liikenteen tiekarttatyö viitoittaa tietä siirtymälle fossiilisista polttoaineista kohti vaihtoehtoisia käyttövoimia. Uusista vaihtoehtoisista käyttövoimista erityisesti sähkö on tällä hetkellä voimakkaassa kehitysvaiheessa ja henkilöautosegmentin sähköistyminen etenee eksponentiaalisesti. Voimakas kasvuvaihe sekä vaatii että ruokkii kehitystä useilla rintamilla: tiede ja teknologia kehittyy, perusvalinnat teknologioissa vakiintuvat, uusien ratkaisujen hinnat laskevat siirryttäessä kilpailumpaan massamarkkinaan, uusia liiketoiminta- ja palvelumalleja ja alustoja tarvitaan ja niitä syntyy. Kuluttajat ja loppukäyttäjät saavat kokemuksia uusista tuotteista, käyttövoimista ja lisäarvoa tuottavista palveluista.

Merkittävä osuus tieliikennesektorin päästöistä tulee erilaisista yritysten hankkimista ja kaupallisessa käytössä olevista ajoneuvoista monissa eri kokoluokissa henkilöautoista aina raskaisiin maantiekuljetusten ajoneuvoyhdistelmiin. Suuri osa raskaan liikenteen kalustosta ja suoritteesta toimii tällä hetkellä fossiilisilla käyttövoimilla. Vaihtoehtoisten käyttövoimien ja esimerkiksi sähköistämisen potentiaali vaihtelee paljon riippuen ajoneuvon ominaisuuksista ja loppukäyttäjän vaatimuksista. Tieliikenteen lisäksi liikkuvien työkoneiden sektorilla on paljon perinteisillä käyttövoimilla toimivaa konekanta, joka toimii vaativissa ympäristöissä. Energiankäytön tehostamista, vaihtoehtoisia käyttövoimia, hybridisointeja ja sähköistystä kannattaa hakea ja toteuttaa lähtien työkoneiden käyttöympäristöjen ja prosessien vaatimuksista. Arvioitaessa vaihtoehtoisten käyttövoimien toteutettavuutta yritysten ajoneuvo- ja konekannan uudistumisessa on muodostettava näkemys teknologioista ja niiden ennakoidusta kehityksestä, hinnanmuodostuksesta, markkinan kehittymisestä, käyttöympäristöjen vaatimuksista, kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavista muuttujista, sekä muista loppukäyttäjien hankintapäätöksiin vaikuttavista tekijöistä.

Käsillä oleva KAROLIINA-hankkeen raportti käsittelee tätä aihepiiriä poikkileikkaavasti teknologian, markkinan, tilastotietojen ja niihin pohjautuvan analyysin, ohjausekeinojen, käyttäjien vaatimusten, hankintapäätösten, omistamisen kustannusten ja näiden moni-

muotoisten vuorovaikutusten kautta. Kenttä on laaja ja myös hajanainen, kattaen käytännössä yritysten toimintaan liittyvää liikennettä, kuljetuksia ja työsuoritteita Suomen koko tieverkolla ja teollisissa ympäristöissä. Soveltuvimmat infrastruktuurivalinnat ja ratkaisut eri sektoreille ovat moninaisia ja samalla esimerkiksi sähköistykselle välttämättömiä. Olemme vasta raapaisseet pintaa. Liikenteen ja kuljetusten vihreä siirtymä tarjoaa samalla mahdollisuuksia uuteen liiketoimintaan ja kestävään kasvuun. Siirtäkäämme visioista hallittuun toteutukseen kohti nollapäästöistä liikennettä. Hyvää liikenteen ja kuljetusten käyttövoimamurroksen vuosikymmentä!

Mikko Pihlatie  
Huhtikuu 2021

# 1 Johdanto

Liikennesektorilla on asetettu kunnianhimoiset tavoitteet päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiselle. Henkilöliikenteen lisäksi liikenne- ja kuljetussektorin merkitys tuotannontekijänä kansantaloudelle ja elinkeinoelämälle on merkittävä kaupan ja teollisuuden aloilla ja näitä tukevissa palveluissa. Valmistavan teollisuuden ja viennin merkittävät tavara- ja arvovirrat kulkevat liikenteen ja kuljetusten kautta ja näiden kilpailukyky ja kokonaistaloudellinen ymmärtäminen on uusien käyttövoimien esiinmarssissa tärkeää. Yritysten hankkimien ja operoimien ajoneuvojen ja työkoneiden, sekä näitä tukevien infrastruktuuriratkaisuiden tulee kyetä tukemaan prosesseja ja kokonaistaloudellisen kilpailukyyn kehittymistä mahdollisimman hyvin.

## 1.1 Toimeksianto ja tavoitteenasettelu

Tämän hankkeen tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, mitkä ovat yritysten hankkimien erilaisten ajoneuvojen ja työkoneiden rooli ja mahdollisuudet taakanjakosektorin ilmastopolitiikassa. Hankkeessa analysoidaan teknologiassa ja markkinassa käynnissä olevaa kehitystä ja muutoksia erityisesti uusien käyttövoimaratkaisuiden ja ennakoidun kehityksen osalta. Yritysten käytössä olevaa ajoneuvo- ja konekantaan analysoidaan tilastojen pohjalta ja käytössä olevia ohjauskeinoja kirjallisuuden ja muiden maiden kokemusten pohjalta. Analyysiä tukee kaksi skenaariotarkastelua: omistajan kokonaiskustannusten tarkastelu raskaassa tieliikenteessä, sekä systeemidynaaminen mallinnus eri ajoneuvotyypeille ja käyttötapauksille. Työssä annetaan suosituksia siitä, mitä uusia ohjauskeinoja tulisi ottaa käyttöön, jotta suomalaisten yritysten hankkimat autot, ajoneuvot ja työkoneet saataisiin nykyistä nopeammassa tahdissa kulkemaan vaihtoehtoisilla käyttövoimilla.

Hankkeessa kootaan tietoa ja reunaehtoja avoimesta kirjallisuudesta ja keskeisiltä sidosryhmiltä, analysoidaan ohjauskeinovalikoimaa ja niiden vaikuttavuutta ja kustannuksia. Analyysimenetelmänä on teknis-taloudellinen ja systeemidynaaminen mallinnus, jota on aiemmin käytetty jo edeltävässä GASELLI-hankkeessa. Työssä voidaan myös suoraan jatkaa aiempaa VTT:n tutkimusta työkoneiden päästöjen pienentämisestä.

Työ on jäsennetty seuraavien tutkimuskysymysten ympärille:

1. Kuinka suuri osa suomalaisista ajoneuvoista (henkilöautot, pakettiautot, linja-autot, kuorma-autot) ja työkoneista tulee käyttöön yritysten hankkimina ja mikä on niiden osuus koko liikenteen suoritteesta ja kasvihuonekaasupäästöistä?

2. Millaisia ajoneuvoja ja työkoneita yritysten käytössä on, mitä käyttövoimia ne käyttävät ja millainen on niiden päästötaso? Missä työkoneiluokissa on suurin potentiaali vähentää päästöjä vaihtoehtoisia käyttövoimia edistämällä?
3. Miten yritysten hankkimien ajoneuvojen ja työkoneiden kanta on vuosien varrella kehittynyt? Millaista kehitys on ollut suhteessa yksityisten henkilöiden tekemiin ajoneuvohankintoihin? Millaisia politiikkoja ja päätöksentekomekanismeja yritysten ajoneuvo- ja työkonehankintoihin liittyy?
4. Millaisia esteitä yrityksillä ja muilla kaupallisilla toimijoilla on ollut tai on uusiin käyttövoimavaihtoehtoihin siirtymisessä?
5. Millaisia keinoja valtiolla on vaikuttaa yritysten ajoneuvojen ja työkoneiden hankintapolitiikkoihin, päätöksentekomekanismeihin ja valintoihin, ja siten niiden kantaan ylipäätään (mm. rajoitukset/määräykset, verot, tukiaiset)?
6. Millaisia ovat olemassa olevat ohjauskeinot ja mikä on niiden arvioitu vaikuttavuus?
7. Millaisia ohjauskeinoja on käytössä muualla maailmassa ja mikä on niiden arvioitu vaikuttavuus?
8. Millä eri tyyppisillä keinoilla voidaan vaikuttaa yritysten ajoneuvo ja työkonekannan uudistumiseen kustannustehokkaimmin? Hankkeessa tuotetaan arvio tunnistettujen keinojen kansantaloudellisista vaikutuksista.
9. Mitä uusia ohjauskeinoja Suomessa kannattaisi ottaa käyttöön yritysten autokannan uudistamiseksi?
10. Mitä vaikutuksia yritysten autokannan uudistamisella olisi käytettyjen autojen markkinoihin ja Suomen tavoitteisiin sähkö- ja kaasuautoja koskien?
11. Mitkä ovat nykyiset ja odotettavissa olevat puhtaat ajoneuvo- ja käyttövoimateknologiat kussakin hankkeen ajoneuvoluokassa ja käyttötapauksessa? Kuinka ajoneuvojen tehdashintojen odotetaan kehittyvän?

## 1.2 Menetelmät ja aineistot

Tutkimuksen painopisteenä on yritysten hankkimat autot, ajoneuvot ja liikkuvat koneet: tarkastelussa sekä tilaajan (julkinen tai yksityinen) että tuottajan (yksityinen) roolit. Työssä huomioidaan, että lähes 40 % tieliikennesektorin hiilidioksidipäästöistä tulee raskaasta liikenteestä - ajoneuvokannan ja lukumäärien lisäksi siis kilometrisuoritteet ja ajoneuvojen käyttötavat ovat tarkastelun kohteena. Hankkeessa jatketaan aiemmassa GASELLI-hankkeessa toteutettua henkilöautoliikenteeseen painottunutta työtä. GASELLIn tarkastelua laajennetaan kaupallisessa käytössä oleviin ja yritysten hankkimiin autoihin, ajoneuvoihin ja koneisiin. Edelleen, työssä huomioidaan sekä julkisen hankinnan alla olevat yritysten hankkimat ajoneuvot että suoraan yksityiselle sektorille menevä kalusto. Tarkastelussa ovat keskeisimmät vähähiiliset energiankantajajat kuten uusiutuva sähkö ja uusiutuvat polttoaineet sekä energiatehokkaat voimalinjat.

Hankkeen toteutuksessa työstettävät aihepiirit (työpaketit) ovat:

1. Markkinatilanne ja teknologioiden kehitys
2. Tilastollinen analyysi tämän hetken tilanteesta
3. Nykyisten ja vaihtoehtoisten ohjauskeinojen analyysi
4. Kyselyt ja tiedonkeruu sidosryhmistä ja hankintapäätöksiin vaikuttavat tekijät
5. Skenaariot ja vaikuttavuusanalyysit

## 1.3 Rajaukset

Hankkeen työn kohdistamiseksi otettiin lähtökohdaksi työkoneiden ja ajoneuvojen kannat ja niiden muutokset, sekä hiilidioksidipäästöt, jotka syntyvät ajoneuvojen ja työkoneiden käytöstä. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin jakamaan nämä päästölähteet joko yksityiseen tai yritysten hallintaan liittyviin.

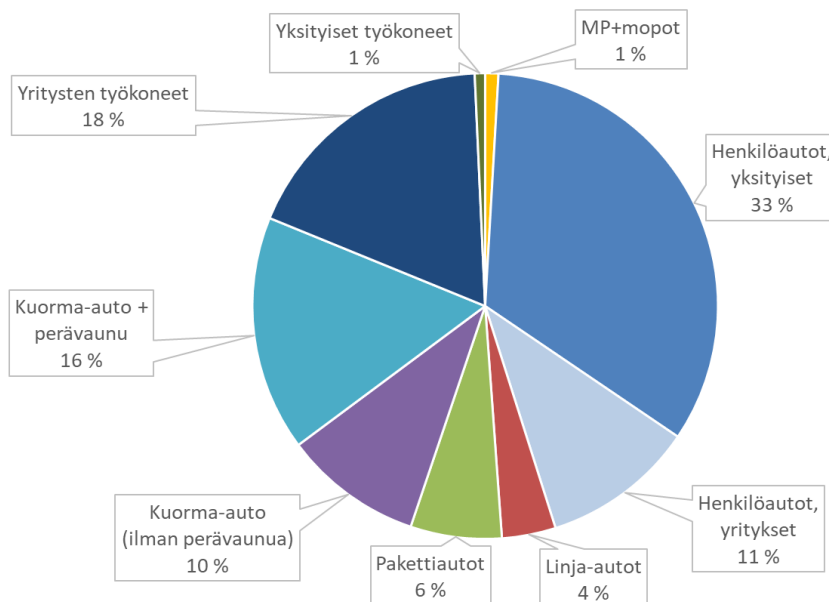
Kuvassa 1 on esitetty hiilidioksidipäästöt, jotka aiheutuvat tieliikenteestä ja moottoroidujen työkoneiden käytöstä. Tieliikenteen päästöjen viitevuosi on 2020, ja lähteenä on VTT:n ylläpitämän LIPASTO-järjestelmään alamalli ALIISA. Henkilöautot on eritelty erikseen yksityisomistuksessa (tai yksityisleasing) oleviin ja erikseen yritysten tai vastaavien kuten kuntien hallinnassa olevat, ml. taksit, vuokra-autot ja yritysleasingautot.

Päästöjen jakautuminen näihin kahteen ryhmään laskettiin pääasiassa autojen lukumäärän mukaan, mutta yritysautojen suhteellista lukumääräosuutta (19%) kasvatettiin kertoimella 1,3, heijastaen niiden enemmistön olevan yleensä 2-5 vuotta vanhoja autoja, joilla ajetaan noin 30% enemmän kuin keskimääräinen henkilöautosuorite.

Työkoneiden päästöjen viitevuosi on 2019, ja niiden lähde on LIPASTO-kokonaisuuteen kuuluva TYKO-malli, jolla lasketaan moottoroitujen työkoneiden päästöjä. Työkoneiden päästöt ovat yhteen laskien 19% kuvan mukaista kokonaispäästöistä, ja siten suuremmat kuin esim. raskaiden ajoneuvoyhdistelmien (kuorma-auto+perävaunu) tuottamat päästöt. Myös työkoneissa on esitetty arvio päästöjen jakautumisesta ammattityökoneisiin ja yksityisomisteisiin. Arvio on kuitenkin vain suuntaa antava. Tämän jaon mukaan yritysten (ja vastaavien) omistamien ja hallinnoimien ajoneuvojen ja työkoneiden osuus tarkasteltavista hiilidioksidipäästöistä on noin 2/3, ja 1/3 syntyy yksityisten omistamista (tai liisaamista) henkilöautoista, kaksipyöräisistä ja työkoneista.

Kuvasta 1 nähdään myös, että vähän vajaa puolet näistä kokonaispäästöistä kohdentuu henkilöliikenteen ajoneuvoihin, ja vastaavasti vähän yli puolet syntyy kuljetusliikenteestä ja työkoneista.

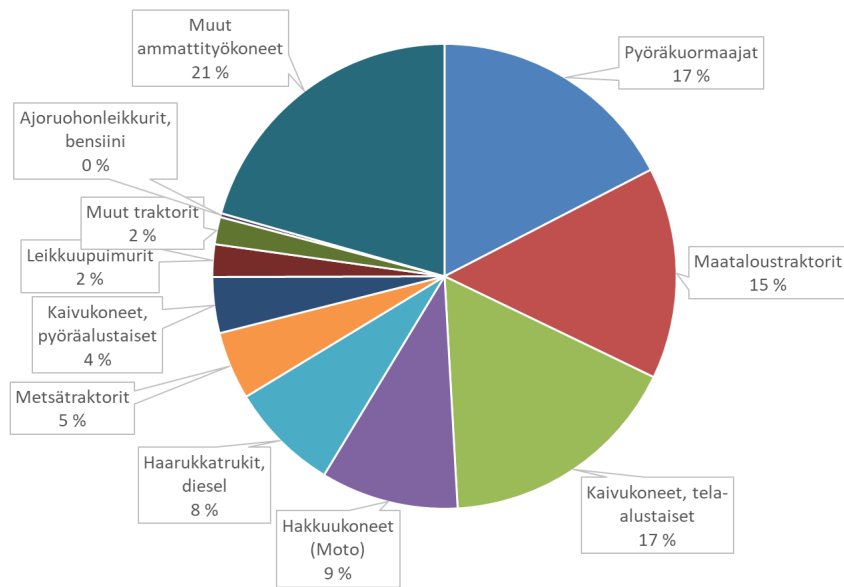
**Kuva 1.** Tieliikenteen ja työkoneiden hiilidioksidipäästöjen jakauma lähderyhmittäin.





Kuvassa 2 on erikseen identifioitu yritysten työkoneista 10 päästöiltään suurinta ryhmää, jotka yhteen laskien ovat yli 70% työkoneiden päästöistä.

**Kuva 2.** Yritysten työkoneiden hiilidioksidipäästöjen jakautuminen koneryhmittäin.



Työn kuluessa kävi melko selvästi ilmi, että eri ajoneuvo- ja koneryhmissä sekä erilaisissa käyttötapauksissa uusien käyttövoimien mahdollisuus korvata nykyisiä käyttövoimia on hyvin erilainen. Runsain vaihtoehtojen tarjonta on henkilö- ja pakettiautoissa, mutta raskaammissa ajoneuvoissa vain kaupunkibusseissa on selkeä markkina kaasui- tai sähkökäyttöisille versioille. Myös kevyemmissä kuorma-autoissa vaihtoehtoja on jonkin verran, mutta kaikkein raskaimmassa ja pitkämatkaisimmassa kuljetusliikenteessä ei dieselille ole laajasti skaalautuvaa käytännön vaihtoehtoa vielä pitkään aikaan. Samalla ajoneuvojen ja koneiden, sekä toisaalta erilaisten käyttötapauksien kirjo on hyvin laaja ja ryhmittely edustaviin alajoukkoihin erityisesti ajoneuvojen operointi ja käyttö huomioiden on hankalaa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että yhteismittaisen markkinadynamiikan kuvaaminen on haastavaa. Yritykset käyttävät valtaosaa hankitusta kalustosta kaupallisiin tehtäviin. Tällöin omistajan kokonaiskustannus ajoneuvojen ja koneiden omistamisesta ja käytöstä on keskeinen hankintapäätökseen vaikuttava tekijä. Omistajan kokonaiskustannusta on työssä analysoitu raskaan tieliikenteen kaupunkibusseille, pitkän matkan linja-autoille, kuorma-autoille sekä muutamille rekkujen käyttötapauksille. Erilaisille työkoneille ei omistajan kokonaiskustannusta ole lähtötietojen hajanaisuudesta ja työn resurssien rajallisuudesta johtuen tehty. Omistajan kokonaiskustannusanalyysi syöttää tietoja systeemidynamiiseen skenaarioanalyysiin.

Uusiutuvan polttoaineen käyttö vähentää fossiilisen hiilen päästöjä, ja sitä on tarjottu hyvänä vaihtoehtona niissä käyttötapauksissa, joissa muilla käyttövoimilla ei ole lyhyellä tähtäimellä edellytyksiä täyttää asiakastarpeita. Samaan yhteyteen pitää kuitenkin todeta, että nykyisen sekoitevelvoitelain puitteissa uusiutuvan polttoaineen käyttö sellaisenaan, erikseen jaeltuna, ei vähennä kokonaispäästöjä, koska kaikki toimitetut uusiutuvat polttoaine-erät kerryttävät yhtäläisesti toteumaa kunkin vuoden jakeluvaihteen sisällä. Toisin sanoen, 100%:na myyty uusiutuva polttoaine pienentää vain uusiutuvan polttoaineen osuutta normaalissa polttoaineessa. Sähköistyksen potentiaalia uutena käyttövoimana on pyritty analysoimaan toteutettavuuden kannalta, tuoden osittain myös vetyä ja polttokennoja tarkasteluun mukaan täydentävänä teknologiana.

## 1.4 Tulokset ja niiden hyödyntäminen

Hankkeen tuloksia kerätään ja tuotetaan laajalla alueella hyvin erityyppisille autoille, ajoneuvoille ja liikkuville koneille. Työn jäsentelyssä omia itsenäisiä kokonaisuuksiaan ovat teknologioiden ja markkinatilanteen analysointi, tilastollisten tietojen kokoaminen ja analysointi, sekä käytössä olevien ja vaihtoehtoisten ohjauskeinojen analysointi. Kyselytutkimuksella kartoitettiin osto- ja hankintapäätöksiin liittyviä tekijöitä. Lopuksi kaikki edellä mainitut osat työstä syöttivät lähtötietoja skenaariotyöhön, jota tehtiin kahdella eri osa-alueella: ajoneuvojen omistajan kokonaiskustannuksen rakentuminen ja kehittyminen, ja toisaalta systeemidynaaminen markkinadiffuusio ja tästä rakentuva ajoneuvo- ja työkonokannan kehittyminen. Muuttuvan ajoneuvo- ja konokannan ope-roinnista painotuksiaan vaihtavalla käyttövoimajakaumalla seuraa muutoksia energi-ankäytössä ja päästöissä.

## 2 Markkinatilanne ja teknologioiden kehitys

### 2.1 Ajoneuvo- ja työkonekannan ryhmittely ja käyttötapaukset

Yritysten hankkimien autojen, ajoneuvojen ja liikkuvien koneiden rooli liikenteen, liikumisen ja kuljetusten sekä teollisten toimintojen kokonaisuudessa on moninainen ja kansantaloudelle keskeinen. Suuri osa teollisuuden ja kaupan kuljetuksista tapahtuu tieverkon kautta. Maantiekuljetusten rooli kansantuotteen tuotannontekijänä on keskeinen, lisäksi liikkuvilla työkoneilla on iso rooli kuljetusketjujen ja tavarankäsittelyn osina.

On tärkeätä tarkastella erilaisia käyttötapauksia samankin ajoneuvo- tai työkoneyhmän puitteissa, koska sillä tavoin voidaan paremmin arvioida eri vaihtoehtojen soveltuvuutta. Etenkin sähkö- ja kaasuajoneuvojen kohdalla tämä on olennaista, koska niillä on - ainakin toistaiseksi - toimintamatkaan ja infrastruktuuriin liittyviä rajoitteita, mutta niitä ei pitäisi ottaa liian kategorisina, vaan monissa käyttötapauksissa jo nykyiset tarjolla olevat autot tai työkoneet voivat toimia aivan hyvin.

Lisäksi on merkille pantavaa, että sähköisen voimalinjan hyvät ominaisuudet sopivat parhaiten käyttötapauksiin, joissa ajaminen on nopeudeltaan voimakkaasti vaihtelevaa, tai työkoneiden kohdalla käyttöön liittyy runsaasti nostoja ja laskuja, sillä molemmissa tapauksissa sähköisen voimalinjan mukanaan tuoma energian regeneraatiomahdollisuus parantaa kokonaishyötysuhdetta. Tämä näkyy mm. sähköhenkilöautojen ominaiskulutuksessa (kWh/km), joka on yleensä pienempi syklistä kaupunkiajossa kuin vaikkapa moottoritiellä, jossa ilmanvastus on merkittävin vastusvoima, eikä kineettistä energiaa juuri voida ottaa talteen, kun pysähdyksiä ei ole.

Vastaavasti raskas kuorma-auto voisi täyssähköisenä tai diesel/sähkö-hybridinä ottaa talteen potentiaalienergiaa alamäkiajossa ja käyttää sitä uudelleen ylämäkeen noustessa. Mäkisessä maastossa massan merkitys on huomattava. Esimerkinomaisesti 78 tonnin ajoneuvoyhdistelmän nostaminen 30 m korkean mäen päälle vaatii yli 22 MJ (yli 6 kWh) energiaa. Kun dieselpolttoaineessa on energiaa n. 10 kWh/litra, ja tästä noin 35% saadaan hyödyksi liikuttamaan ajoneuvoa, kuluu "nostotyöhön" vähän vajaa 2 litraa polttoainetta. Jos hybridikäytössä voitaisiin ottaa 70% potentiaalienergiasta tal-

teen alamäkeen ajettaessa, sen sijaan että hidastettaisiin nopeutta moottorijarrutuksella tai pyöräjarruilla, vastaisi tämä reilun 4 kWh energiapanosta ja yli litraa polttoaineen kulutuksen säästönä. Hybridikäytöllä olisi myös mahdollista pienentää polttomoottoria, kun sähkömoottori avustaa ylämäkeen ajettaessa, jolloin polttomoottorin keskimääräinen kuormitustaso nousisi ja sen myötä polttoaineen ominaiskulutus pienenis. Säästöt ovat riippuvia mäkisyyden asteesta ajomatkaa kohden eli ajosyklistä.

## 2.2 Henkilöautot

Henkilöautoissa käyttövoimien murros on tapahtumassa voimakkaasti eksponentiaalisen kasvun käyrällä. Viimeaikaiset ilmoitukset esimerkiksi General Motorsilta<sup>1</sup> ja Fordilta<sup>2</sup> siirtyä joko kokonaan sähköautoihin tai paikallisesti nollapäästöisiin autoihin, kertovat teollisuuden nopeasta muutoksesta. Fordin tavoite on kunnianhimoinen – vuoteen 2026 mennessä koko Euroopan tarjonta tulisi olemaan joko ladattavia hybridejä tai täyssähköautoja ja 2030 mennessä kokonaan täyssähköautoja. Pitkään vetypolttokennoon panostanut Toyota<sup>3</sup> on myös lähtemässä liikkeelle täyssähköautojen valmistuksessa tulevalla BZ (Beyond Zero) - mallisarjallaan. Eurooppalaiset autovalmistajat ovat selkeästi panostamassa pääasiassa tulevaisuudessa täyssähköautoihin, japanilaisten ja korealaisten valmistajien edelleen panostaessa myös vetypolttokennoihin.

Sähköistettyjen versioiden myynti myös Suomessa on lisääntynyt nopeasti, samalla kun bensiini- ja dieselautojen myynti on laskenut. Joulukuussa 2020 täyssähköautojen osalta ylittyi 10 prosentin markkinaosuus, ja yhteensä ladattavat autot muodostivat tuolloin 31 prosenttia<sup>4</sup> ensirekisteröidyistä uusista autoista. Joulukuussa uusien täyssähköautojen ensirekisteröinnit olivat tasoissa dieselautojen kanssa, ladattavien hybridien ohittaessa dieselit jo aiemmin vuoden 2020 aikana. Mikäli kasvu jatkuu samanlaisena, täyssähköautot tulevat ohittamaan dieselit ensirekisteröintien markkinaosuudessa vuoden 2021 aikana.

Täyssähköautojen osalta ensirekisteröinneissä on kuitenkin vielä suurta kuukausikohtaista vaihtelua, johtuen esimerkiksi Teslan toimitusten ajoittumisesta kvartaaleittain, ja uusien automallien toimitusten alkamisesta. Esimerkiksi joulukuussa rekisteröitiin

<sup>1</sup> <https://www.nytimes.com/2021/01/28/business/gm-zero-emission-vehicles.html>

<sup>2</sup> <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2021/02/17/ford-europe-goes-all-in-on-evs-on-road-to-sustainable-profitabil.html>

<sup>3</sup> <https://www.autoexpress.co.uk/toyota/353801/new-toyota-bz-be-brands-first-all-electric-car>

<sup>4</sup> <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/fi/toimiala/tilastot>

paljon Volkswagen ID.3 -mallia, jonka toimituksia viivästi autojen keskeneräinen ohjelmisto, mutta vuodenvaihteen jälkeen ID.3:n toimitusvauhti on hidastunut. Uusien mallien tullessa markkinoille, on odotettavissa samanlaista heilahtelua jatkossakin.

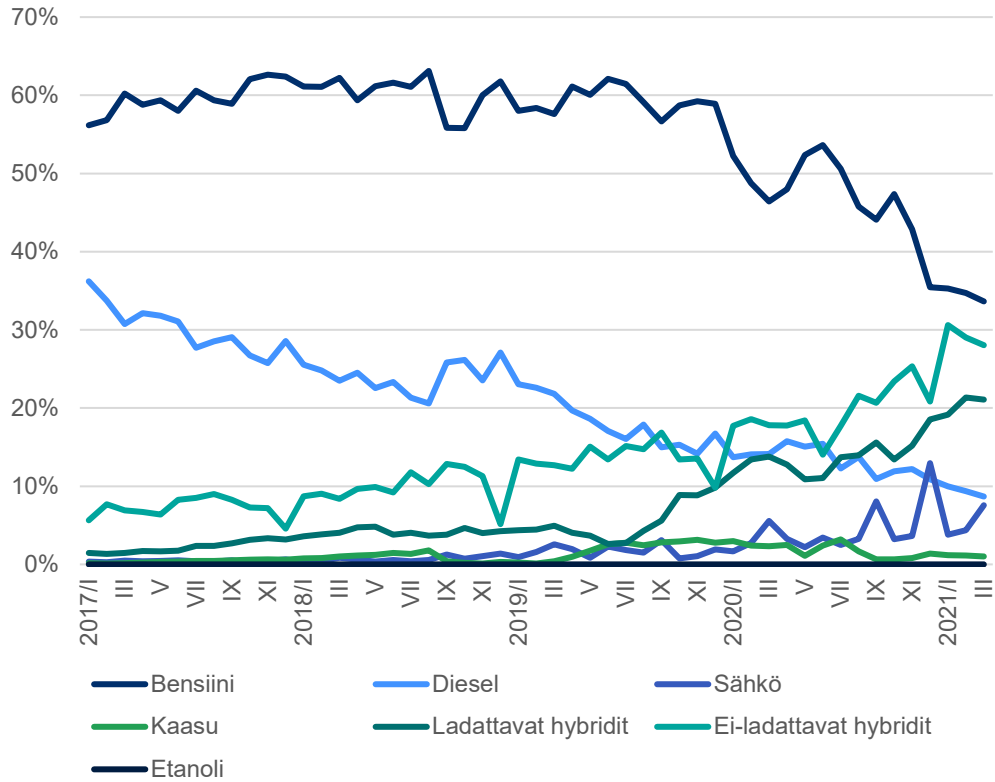
### EU HENKILÖAUTOSEGMENTIT

Henkilöautoja valmistetaan nykyään satoja eri merkkejä ja malleja. Niiden tarjontaa on pyritty luokittelemaan ns. segmenttijaolla, jossa tunnistetaan ominaisuuksiltaan verrannolliset autot kuuluviksi samaan ryhmään. EU:ssa markkina jaetaan tyyppillisesti yhdeksään pääsegmenttiin, jotka ovat:

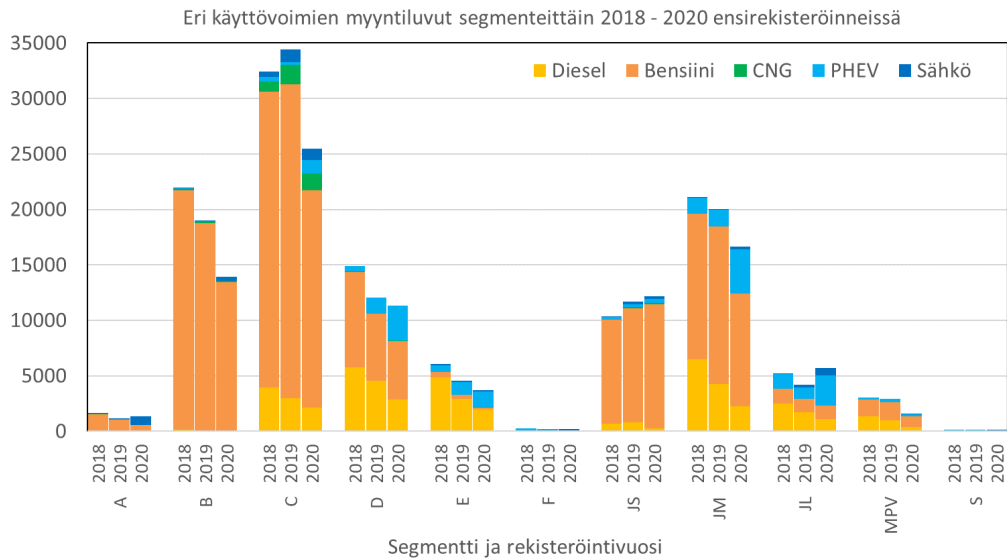
A=kaupunkiautot, B=pienet autot, C=keskikokoiset autot, D=suuret autot, E=edustusautot, F=loistoautot, S=urheiluautot, M=monikäyttöautot ja J=maasturit (cross-overit, SUVt). Koska tällaisia autoja on nykyään hyvin paljon, J-segmentti voidaan vielä jakaa alasegmentteihin JS=pienet, JM=keskikokoiset ja JL=suuret.

Jako ei suoraan perustu auton mittoihin, mutta noudattelee niitä pääpiirteissään yhdistettynä auton muihin teknisiin ominaisuuksiin. Suurimmilla valmistajilla on tarjolla malleja lähes kaikissa segmenteissä, jolloin esimerkkinä jaosta voisi toimia Volkswagen, jonka mallit jakautuvat seuraavasti: A: Up!, B: Polo, C: Golf, D: Passat, M: Touran, JS: T-Cross, T-Rock, JM: Tiguan, JL: Touareg. Esimerkkeinä isommista henkilöautoista, joita VW ei valmista, voisivat taas olla E: Mercedes-Benz E-sarja, ja F=Mercedes-Benz S-sarja. Urheiluautoihin luokitellaan tavallisesti hyvin suorituskykyiset, 2-oviset ja 2/4-paikkaiset henkilöautot, joita valmistavat mm. Ferrari, Lamborghini ja Aston Martin.

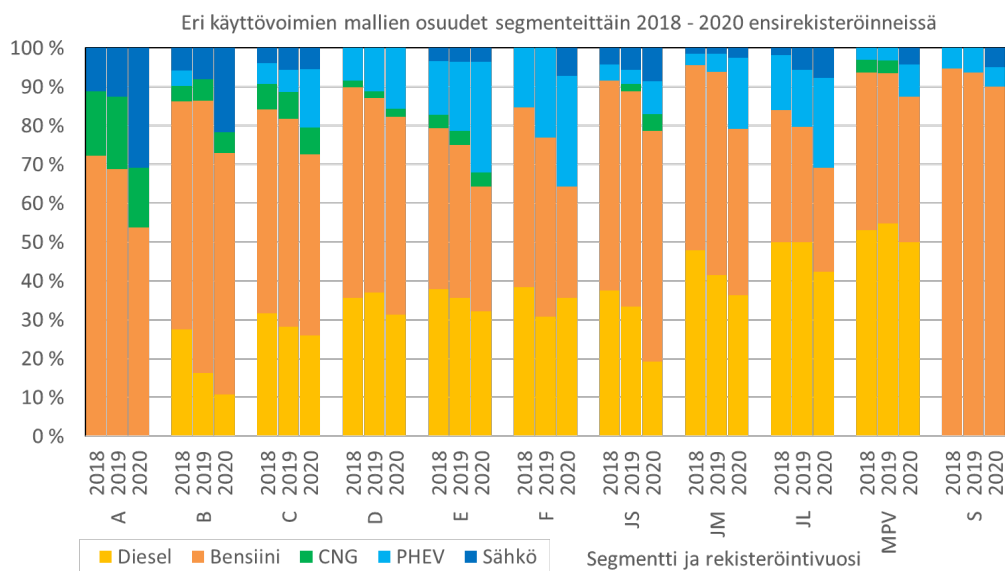
Kaasuautot ovat olleet pitkään ensirekisteröinneissä samalla tasolla täyssähköautojen kanssa, mutta kesän 2020 jälkeen uusien kaasuautojen ensirekisteröinnit ovat laskeutuneet noin puoleen aiemmista rekisteröintimääristä. Ensirekisteröityjen autojen jakaumaa käyttövoiman mukaan on havainnollistettu Kuvassa 3.

**Kuva 3.** Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimajakauma (lähde: aut.fi/tilastot)

Tarkasteltaessa myyntilukuja autoluokittain vuosina 2018 - 2020, Kuva 4, voidaan nähdä, että päästöjen kannalta merkityksellisimmät autoluokat ovat B, C, D, sekä pienet ja keskikokoiset katumaasturit JS ja JM.

**Kuva 4.** Eri käyttövoimien myyntiluvut ajoneuvoluokittain 2018 - 2020 ensirekisteröinneissä.

Eri käyttövoimien osuudet autoluokittain on esitetty kuvassa 5. Kuvaajasta näkee, että vaihtoehtoisten käyttövoimien osuudet merkityksellisimmässä autoluokissa ovat vielä pienehköjä. Luokissa A, E, F ja JL vaihtoehtoisten käyttövoimien osuudet ovat jo suuria, mutta niihin sisältyy yksittäisiä automalleja, joilla on ollut pienten myyntimäärien vuoksi suuri vaikutus. Esimerkiksi A-luokassa näkyi vuoden 2020 aikana myynnissä olleiden Seat e-Mii:n, Skoda Citigo-e:n ja VW e-Up!-n, maahantuojan alennushintojen vauhdittama myynti, ja F-luokassa taas Porsche Taycanin esittely lisäsi täyssähköversioiden osuutta rekisteröinneistä.

**Kuva 5.** Eri käyttövoimien osuudet ajoneuvoluokittain 2018 - 2020 ensirekisteröinneissä.

Vuonna 2019 rekisteröitiin Kauppalehden Bisnode marketingilla teettämän selvityksen mukaan yhteensä 15 178 kpl yritysautoja. Kyseisen selvityksen mukaiset vuoden 2019 suosituimmat yritysautot on lueteltu taulukossa Taulukko 1.

**Taulukko 1.** Suosituimmat yritysautot 2019 (lähde: Kauppalehti)

Sijoitus	Merkki ja malli	Autoluokka	Rekisteröinnit
1	Skoda Octavia	C	1613
2	Volvo V60	D	904
3	Volvo XC60	JM	757
4	VW Golf	C	579
5	VW Passat	D	571
6	Skoda Superb	D	490
7	Mercedes-Benz C	D	431
8	Toyota Yaris	B	415
9	BMW 3-sarja	D	415
10	Audi A4	D	391



Traficom:n tilastoinnin mukaan suosituimmat yhteisöjen rekisteröimät automerkit vuoden 2021 tammikuussa on lueteltu taulukossa Taulukko 2.

**Taulukko 2.** Suosituimmat yhteisöjen rekisteröimät automerkit vuoden 2021 tammikuussa (lähde: Traficom).

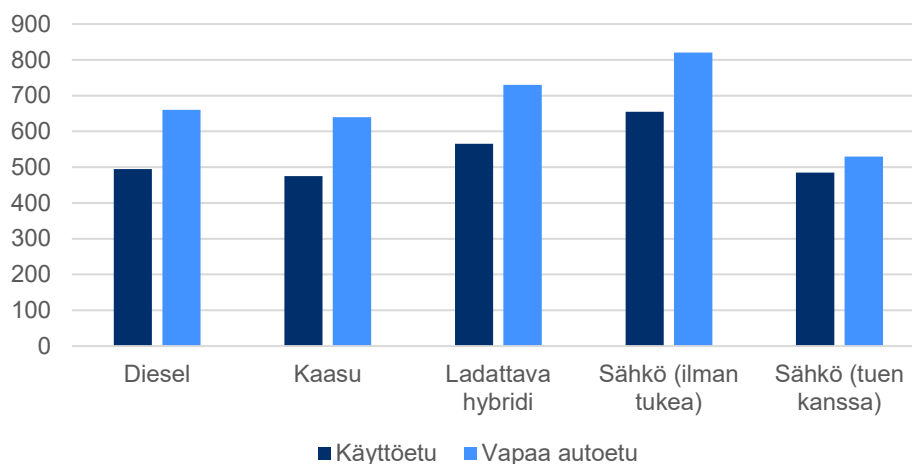
	<b>Merkki</b>	<b>Yritys tai yhteisö haltijana</b>	<b>Kaikki</b>	<b>Yhteisöjen osuus (%)</b>	<b>Markkinaosuus (%)</b>
1.	Skoda	453	991	45,7	13,37
2.	Toyota	404	1 521	26,6	11,92
3.	Volkswagen	354	765	46,3	10,45
4.	Mercedes-Benz	351	760	46,2	10,36
5.	Volvo	311	918	33,9	9,18
6.	Audi	218	498	43,8	6,43
7.	Opel	197	321	61,4	5,81
8.	Ford	174	606	28,7	5,13
9.	BMW	173	416	41,6	5,10
10.	Renault	110	195	56,4	3,25

Työsuhdeautojen verotusarvon laskentaan tuli vuoden 2021 alusta lähtien määräaikainen muutos, joka pienentää täyssähköisten työsuhdeautojen verotusarvoa 170 eurolla<sup>5</sup>. Työsuhdeautojen suosituinta automallia Skoda Octaviaa lähinnä vastaava Skoda Enyaq -täyssähköversion verotusarvo asettuu muutoksen myötä samalle tasolle diesel- ja kaasuersioiden kanssa. Ladattava hybridi jää tässä tapauksessa kalteimmaksi vaihtoehdoksi.

<sup>5</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201205>

**Taulukko 3.** Skoda Octavian eri käyttövoimavaihtoehtojen kustannusten vertailu.

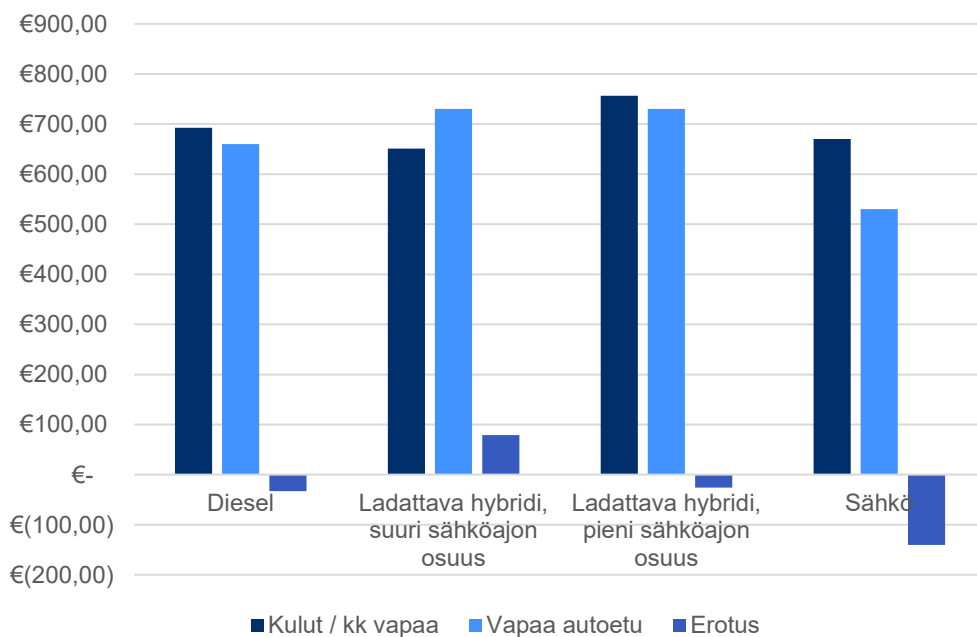
Käyttövoima	Malli	Hankinta-hinta	Käyttö-etu	Vapaa autoetu
Diesel	Octavia 2,0 TDI 115 Ambition DSG	31 396	495	660
Kaasu	Octavia 1,5 TSI G-TEC Ambition DSG	30 519	475	640
Ladattava hybridi	Octavia 1,4 TSI PHEV Ambition iV DSG Autom.	36 426	565	730
Sähkö (ilman tukea)	Enyaq 60 Launch Edition	43 191	655	820
Sähkö (tuen kanssa)	Enyaq 60 Launch Edition	43 191	485	530

**Kuva 6.** Skoda Octavian ja Enyaq:n eri käyttövoimavaihtoehtojen käyttöedun ja vapaan autoedun verotusarvot (lähde: Skoda)

Työsuhdeauton verotusarvon alennus siirtyy lähes kokonaisuudessaan työnantajien maksettavaksi. Riippuu autovalinnasta, miten paljon työnantajalle jää maksettavaa. Kuva 10 esittää vertailun Skoda Octavia vs. Enyaq vapaan autoedun kustannuksista verrattuna vapaan autoedun verotusarvoon, ja työnantajalle maksettavaksi jäävästä (tai työnantajan saaman edun) osuudesta. Laskelma on tehty 48 kk leasing-sopimuksella, 20 000 km vuosittaisilla ajokilometreillä, LeasePlan:n verkkosivuilla joulukuussa 2020 julkaistuihin leasing-hintoihin pohjautuen. Autojen kulutuksina on käytetty ilmoitettuja WLTP-kulutuksia. Skodan tapauksessa työnantajan kustannukset olisivat noin

140 euroa kuukaudessa. Eroa dieselauton kustannuksiin tässä laskelmassa tulee noin 100 euroa kuukaudessa. Laskelman mukaan ladattavan hybridin avulla työnantaja voisi saada jopa noin 80 euroa säästöä, mikäli auton haltija ajaa paljon sähköllä. Mikäli haltija ajaa taas vähän sähköllä, nousevat auton kulut verotusarvoa suuremmiksi, eli on myös työnantajan etu vapaan autoedun autoissa kannustaa auton haltijaa lataamaan autoaan usein.

**Kuva 7.** Skoda Octavia / Enyaq eri käyttövoimavaihtoehtojen kustannusvertailu.



## 2.2.1 Kaasu

Metaanilla eli maa- tai biokaasulla toimivia henkilöautoja on Suomessa uutena rekisteröity vuosina 2014-2020 yhteensä runsaat 6000 kpl. Niiden lisäksi on käytettynä tuotu noin 5500 autoa. Vuosina 2016-2018 käytettyjä rekisteröitiin jopa enemmän kuin uusia. Yhdessä aiemmin myytyjen ja tuotujen autojen kanssa kaasuautokanta on nyt Traficomien tilaston mukaan noin 12 500 autoa.

Mallitarjonta on ollut kohtalaisen laaja, mutta selkeästi painottunut VAG-yhtymän malleihin, joita on myyty niin VW-, Seat-, Audi- kuin Skoda-merkkisinä. Vuodesta 2017 alkaen Skoda Octavia on ollut selvä ykkönen, ja sen myyntiä vauhditti myös vuoden 2018 romutuskampanja, koska kaasuautoilla ei ollut g/km-raja-arvoa kuten bensalla ja

dieselillä, joille oli max. 125 g/km CO<sub>2</sub>-päästöraja. Samankaltainen kampanja on käynnissä myös vuonna 2021.

Aiemmin saatavissa oli myös vähän suurempia henkilöautoja kaasulla (MB E-sarja ja Volvo V70), mutta ne ovat jääneet malliuudistusten myötä pois tuotannosta. Kun Opel-merkkisiä kaasuautoja myytiin uusina vielä 2018 ja 2019, vuonna 2020 niitä ei enää myyty Suomessa lainkaan. Myös vuoden 2021 tarjonta käsittää nyt pelkästään 10 eri VAG-mallia, uusimpana Skoda Kamiq-maasturi, joka on hyvä lisä tähän suositun luokkaan, jossa jo aiemmin saatavilla oli Seat Aronan kaasumalli.

Kokonaisuutena ottaen vuoden 2020 kaasuautomyynti niiden mallien osalta, joista kaasuvaihtoehto oli saatavilla, oli lukumääräisesti ottaen hieman suurempi kuin dieselmoottoristen versioiden. Kaasu on siis oletettavasti saavuttanut suosiota paljon ajavien autoilijoiden valinnoissa, mitä osaltaan on varmaan vauhdittanut Gasumin edullinen, kiinteähintainen 12 kk:n sopimus, jossa 59 € kuukausimaksulla voi tankata vuodessa enintään 600 kg biokaasua (vastaa C-segmentin auton tyyppillistä kulutusta). Viimeisin kampanja oli tarjolla 1.1.-30.6.2020 rekisteröidyille uusille autoille. Aiemmin on tarjolla ollut vastaavia kampanjoita, joissa edun sai myös käytettynä Suomeen tuodulle autolle, ja sopimusaika oli 18 kk. Silloin hinnat olivat 69 €/kk maakaasulle ja 89 €/kk biokaasulle.

Gasum ylläpitää hyvää verkkosivustoa Suomessa saatavilla olevista kaasuautoista URL-osoitteessa <https://www.gasum.com/yksityisille/valitse-kaasuauto/kaasuautomallit/>.

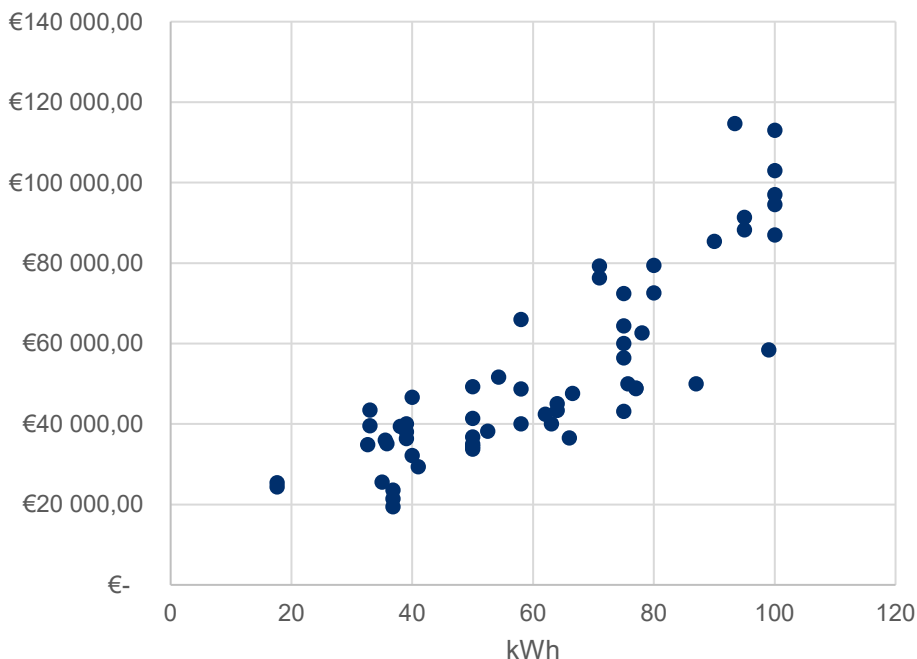
Eurooppalainen katsaus tarjonnasta löytyy URL-osoitteesta [https://www.ngva.eu/wp-content/uploads/2019/09/NGVAEurope\\_VehicleCatalogue\\_Sep2019.pdf](https://www.ngva.eu/wp-content/uploads/2019/09/NGVAEurope_VehicleCatalogue_Sep2019.pdf), mutta se on jo hieman vanhentunut, koska uusin on vuoden 2019 versio.

Metaania voi tällä hetkellä tankata noin 50 eri asemalta. Pk-seudulla on kymmenkunta asemaa, ja muilla kaupunkiseuduilla kaasua saa Tampereella, Turussa, Jyväskylässä, Vaasassa, Seinäjoella, Oulussa, Kuopiossa, Mikkelissä, Hämeenlinnassa, Riihimäellä, Lahdessa, Lohjalla, Porvoossa, Kouvolassa. Haminassa, Lappeenrannassa ja Imatralla. Tankkausasemaverkosto on kasvamassa varsin ripeää tahtia mm. Energiateollisuuden liikenneinfra-tuen vauhdittamana. Asemien tarkat sijainnit löytyvät mm. Gasumin verkkopalvelusta URL-osoitteessa <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkauskaasua/tankkausasemat/>

## 2.2.2 Sähkö

Täyssähköautojen ja ladattavien hybridien kohdalla autojen myynti on kasvanut nopeasti mallivalikoiman laajentuessa, ja hintojen laskiessa etenkin keskihintaisten autojen luokassa. Myös autojen ominaisuudet alkavat kohdata kuluttajien tarpeiden kanssa (toimintamatka, latausnopeus matka-ajossa). Suomeen on alkanut nousta vuoden 2020 aikana suurteholatausverkostoa, joka tukee uusien täyssähkömallien pikalatausnopeuksia. Melko yleiseksi spesifikaatioksi keskikokoisissa autoissa on muotoutunut 50 – 60 kWh akusto, jolloin päästään enimmillään noin 300 - 400 kilometrin toimintamatkaan. Suurissa autoissa akustojen koot vaihtelevat 70 – 100 kWh välillä, jolloin toimintamatkaa luvataan 400 – 600 km välillä. Uusimpien julkistettujen automallien kohdalla puhutaan vielä pidemmistä toimintamatkoista, esimerkiksi Tesla lupaa Model S Plaid+ -mallille toimintamatkaksi 837 km ja Mercedes-Benz EQS:lle luvataan 700 km toimintamatkaa. NIO on tuomassa markkinoille vuonna 2022 uutta mallia ET7, jolle luvataan suurimmalla akkuvaihtoehdolla 150 kWh toimintamatkaksi jopa yli 1000 km, tosin jo käytöstä poistunutta NEDC-mittaustapaa käyttäen. Kaikki mainitut automallit ovat suurten autojen segmentissä, joka on luonnollinenkin segmentti, mistä tekniikka alkaa siirtyä alempia segmenttejä kohti. Suomessa hinnoiteltujen täyssähköautojen hinta suhteessa akustokapasiteettiin on esitetty Kuvassa 8.

**Kuva 8.** Suomessa hinnoiteltujen täyssähköautojen hinta suhteessa akustokapasiteettiin.



Hajonta hankintahinnassa kasvaa akun koon kasvaessa. Edullisin vajaan 100 kWh akkukapasiteetin tarjoava auto on tammikuussa 2021 Ford Mustang Mach-E (58 374 €), ja kallein Tesla Model X (112 990 €).

Ladattavissa hybrideissä on WLTP-mittaustavan käyttöönoton jälkeen tapahtunut hienoista kehitystä kohti suurempia akkuja, hyvinä esimerkkeinä BMW X5, Kia Sorenton uusi maaliskuussa 2021 Suomessa myyntiin tuleva malli ja Mercedes-Benzin uusi C-sarjan ladattava hybridi. Viimeaikaisissa julkistuksissa on ollut havaittavissa myös pikalatauksen lisäämistä myös lataushybrideihin, esimerkiksi Mercedes-Benzin A- ja C-sarjoihin. Tämä kehitys parantaa ladattavien hybridien käytettävyyttä myös pidemmillä ajomatkoilla. Valtaosa ladattavista hybrideistä on silti tällä hetkellä edelleen suunnattu pääasiassa lyhyiden päivittäisten ajomatkojen ajamiseen, toimintamatkan sähköllä ollessa keskimäärin alle 50 kilometrin luokkaa. Ladattava hybridi ei sovi sellaiseen käyttöön, missä ajetaan paljon pitkiä päiväsuoritteita ilman mahdollisuutta välillä ladata autoa. Parhaiten lataushybridi soveltuu käyttöön, missä ajetaan säännöllisesti auton sähköisen toimintamatkan sisälle osuvaa matkaa, ja satunnaisesti pidempiä matkoja.

Täyssähköautojen ja ladattavien hybridien päästövähennysmahdollisuuksiin vaikuttavat autojen latausmahdollisuudet. Ladattavalla hybridillä latausta tarvitaan päivittäin, joten kotilatauspiste ja mahdollisesti työpaikan latauspiste on ladattavan hybridin omistajalle käytännössä välttämättömyys. Kotilatauslaitteen laskeminen auton lisävarusteeksi, ja autoetuauton lataamisen verovapaus<sup>6</sup> tulevat helpottamaan auton lataamisen järjestämistä taloudellisesti, mutta etenkin taloyhtiöissä haasteena on edelleen taloyhtiöiden päätöksenteko, joka ei takaa kaikille halukkaille mahdollisuutta saada kotilatauspistettä, vaikka se teknisesti olisi mahdollista. Työpaikat voisivat myös aktiivisesti tarjota latausmahdollisuutta työntekijöilleen, jolloin osa työntekijöistä voisi hyödyntää työpaikan latauspisteitä kotilatausmahdollisuuden puuttuessa, tai ladattavia hybridejä voisi ladata myös työpaikan päässä, mikäli työmatkan edestakainen pituus ylittää auton sähköisen toimintamatkan. Mikäli työmatka on pitkä, ei pelkkä työpaikkalataaminen kuitenkaan välttämättä yksinään mahdollista työntekijän sähköauton hankintaa, koska latausta tarvitaan myös loma-aikoina ja viikonloppuisin.

Autojen sisäiset laturit ja pikalataustehot ovat parantuneet viime vuosina, ja yhä useammassa uudessa Eurooppaan tuotavassa tai Euroopassa valmistettavassa automalissa on sisäänrakennettu kolmivaihelaturi, joka mahdollistaa tyypillisesti 11 kW lataustehon kotilatauksessa tai julkisilla AC-latauspisteillä. Pikalatauksen osalta latausteho on uusissa malleissa tyypillisesti vähintään 100 kW, yleisesti 125 - 150 kW ta-

---

<sup>6</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20201205>

solla. Hyundai on nousemassa uudella E-GMP-pohjalevyyn perustuvalla IONIQ-mallisarjallaan pikalataustehossa samalle tasolle Porsche Taycanin ja Audi e-tron GT:n kanssa, mahdollistaen lataamisen 10 prosentin varausasteesta 80 prosenttiin alle 20 minuutissa. Uusi 800 voltin akustojaänitteeseen perustuva pohjarakenne, joka hyödyntää auton voimalinjaa latauksessa, mahdollistaa jopa 350 kW pikalataustehon nykyisellä suurteholatausverkostolla, missä tätä tehoa on tarjolla, mutta auto pystyy hyödyntämään myös nykyisiä 400 voltin pikalatureita. On hyvä huomioida, että nämä lataustehot ovat maksimiarvoja ja käytännössä akuston täytyessä yli 40 % tai akuston ollessa kylmä, ei se pysty ottamaan lähellekään täyttä lataustehoa.

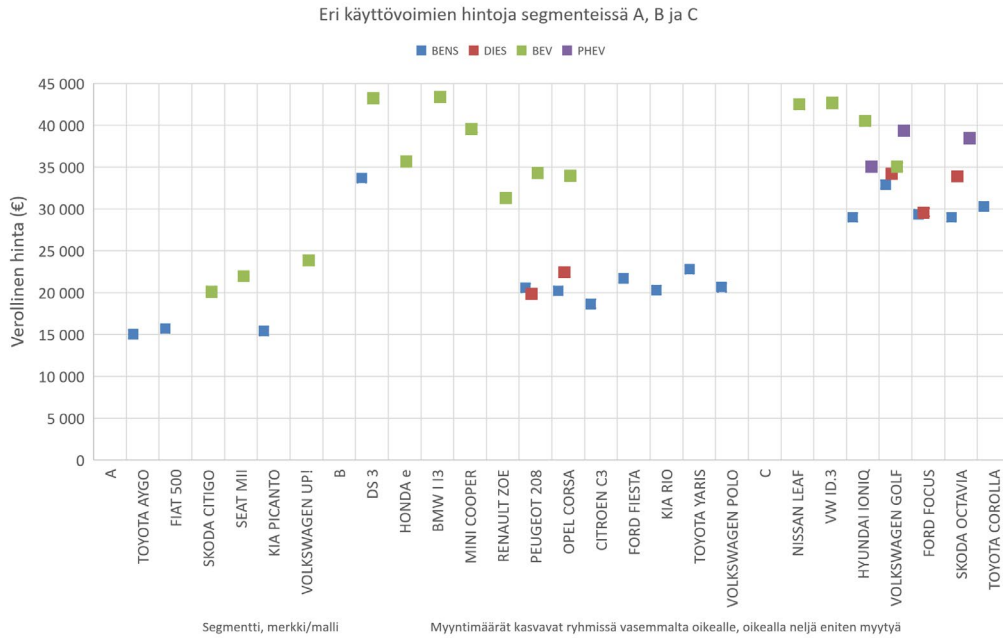
Suurteholatausverkosto on Suomessakin kasvanut nopeaa vauhtia, ja kasvaa edelleen mm. Energiaviraston myöntämien tukien vauhdittamana. Tämän kasvuvauhdin ylläpitäminen tulee olemaan tärkeää autokannan kasvaessa kiihtyvää vauhtia. Suurteholataus nopeuttaa täyssähköautoilla tehtävää pidemmän matkan ajamista merkittävästi.

### 2.2.3 Analyysi autoluokittain

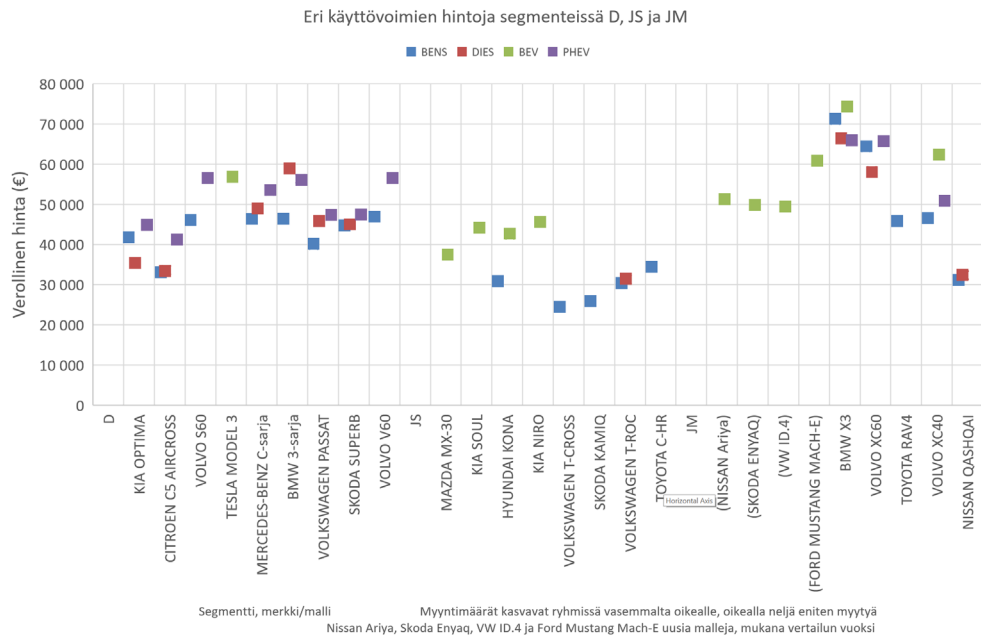
A-, C- ja JM-segmenteissä täyssähköautot ovat vero-ohjauksen jälkeen hinnaltaan jo kilpailukykyisiä muiden käyttövoimavaihtoehtojen kanssa. Suurin ero hankintahinnoissa on B-segmentin kohdalla, missä toisaalta täyssähkömalleja on tarjolla melko runsaasti. JS-luokassa kilpailukykyisiä ovat esimerkiksi suosittujen mallisarjojen sähköistetyt versiot Hyundai Kona electric, Kia e-Niro ja Opel Mokka-e (kuva 9).

Yritysautohankintojen kannalta merkityksellisimmät autoluokat ovat D- ja JM-segmentit. Niissä mielenkiintoisia uusia malleja ovat etenkin Skodan Enyaq ja VW ID.4, sekä lataushybridit Skoda Suberb ja Volvon ladattavat hybridit. Volvo XC40 täyssähköversiona saattaa nousta myös mukaan suosituimpien yritysautojen listoille (kuva 10).

**Kuva 9.** Eri käyttövoimien hankintahintoja ajoneuvoluokittain (segmentit A, B ja C).



**Kuva 10.** Eri käyttövoimien hankintahintoja ajoneuvoluokittain (segmentit D, JS ja JM).





## A-segmentti

Pienten autojen A-segmentissä tulee olemaan luultavasti pientä taukoa täyssähköautojen osalta. VW on lupailut ID.1 -sarjan autoaan, joka tulee korvaamaan nykyisiä konsernin e-Up!, Seat e-Mii ja Skoda Citigo-e -sähköautoja, vasta vuoden 2025 paikkeilla, ja nykyisten mallien tilaukset ovat olleet kiinni toistaiseksi, Volkswagen e-Up:ia lukuun ottamatta. Luokkaan jää ainoiksi vaihtoehtoiksi lähinnä Fiat 500e ja smartin EQ-mallit. Japanissa Toyota julkaisi uuden malli C+ Pod, joka voisi kilpailla tämän luokan suosiosta, mutta se on toistaiseksi ainakin jäämässä vain japanin markkinoille.

## B-segmentti

B-segmentissä suosituimpien yritysautojen listalla on Toyota Yaris. Toyotalla on Yariksesta tarjolla ainoastaan ei-ladattava hybridiversio.

B-segmentissä uusia sähköautomalleja löytyy runsaasti. Etenkin Euroopassa suosittu Renault Zoe jatkaa edelleen vahvalla myynnillä, mutta kilpailijoiksi sille on tullut mm. PSA-ryhmän Peugeot e-208, DS 3 ja Opel Corsa-e, jotka jakavat saman tekniikan. Myös Honda e on tullut tarjolle tähän kokoluokkaan. Vanhoina malleina tässä kokoluokassa jatkavat BMW i3 ja Mini Cooper electric.

B-luokassa täyssähköversioiden hankintahinta on vielä selkeästi korkeampi kuin vastaavien polttomoottoriversioiden. Onkin odotettavissa, että tässä autoluokassa hintaproteetin saavuttamiseen menee pidempi aika kuin suuremmissa autoluokissa.

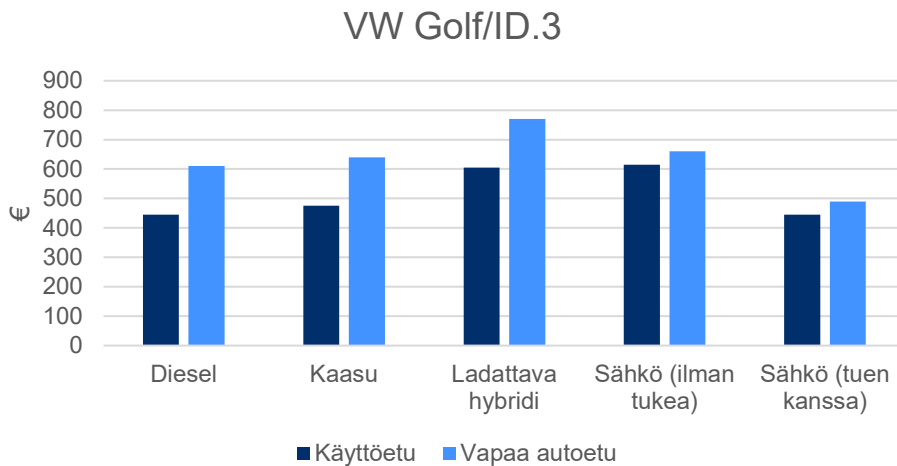
## C-segmentti

Suosituimpien yritysautojen listalla C-segmentissä on yritysautojen myydyin automalli Skoda Octavia, ja VW Golf. Skoda Octavialla on selkeä johtoasema yritysautoissa.

Keskikokoisten autojen C-segmentissä tärkein Suomen markkinoille tullut malli oli viime vuonna Volkswagenin ID.3, joka tulee Golf-kokoluokkaan uutena mallina, korvaamaan entisen e-Golfin. Hinnallisesti ID.3 lähtee noin 35 000 eurosta, joka on hyvin lähellä hyvin varusteltujen diesel-versioiden hintoja (listahintojen mediaani n. 33500 €).

Volkswagenin kohdalla ID.3:n vapaa autoetu on yli 100 euroa edullisempi kuin vastaavan dieselmoottori-Golfin. Verotusmuutoksen myötä ladattavat hybridit nousevat myös VW:n kohdalla kalleimmaksi vaihtoehdoksi.

**Kuva 11.** Volkswagen Golf / ID.3 käyttöedun ja vapaan autoedun verotusarvot (lähde: Volkswagen)



Koska yritysautoissa farmarit ovat olleet suosittuja, voi suuri osa Golfeista olla Variant-versiota, jolloin korvaava malli voisi olla lähinnä ID.4. Toisaalta, ID.4 saattaa houkutella myös samoja ostajia, jotka ovat aiemmin valinneet VW Passat -farmarin.

## D-segmentti

Valtaosa suosituimmista yritysautoista kuuluu tällä hetkellä D-segmenttiin. Kymmenen suosituimman mallin listalta tähän segmenttiin kuuluvat Volvo V60, VW Passat, Skoda Superb, Mercedes-Benz C-sarja, BMW 3-sarja ja Audi A4.

Kaikki edellä mainitut automallit saa hankittua myös lataushybridiversioina, paitsi Audi A4:n. Vastaavia täyssähköversioita taas kenelläkään valmistajalla ei ole suoraan. Mahdollisia kilpailijoita nykyisille D-luokkalaisille voivat olla esimerkiksi Polestar 2, tulossa olevat IONIQ 6 tai Volkswagen ID.4.

## JM-segmentti

Volvo XC60 on ainoa keskikokoisten katumaastureiden suosikkiauto kymmenen suosituimman yritysauton joukossa. XC60 löytyy myös ladattavana hybridinä, mutta täyssähköversiota siitä ei vielä löydy. Volvon luokkaa pienempi täyssähköauto XC40 saattaa houkutella osan XC60:ä harkitsevista, täyssähköautosta kiinnostuneista. Muita potentiaalisia kilpailijoita tässä luokassa ovat esimerkiksi BMW iX3 ja Audi e-tron.

## Uudet haastajat

Autovalmistajien strategiat sen suhteen, miten täyssähkömallit tuodaan markkinoille, vaihtelevat. Useammallakin valmistajalla tulevat, uusiin pohjalevyihin perustuvat täyssähköautomallit on eriytetty omiksi malleikseen tai jopa omiksi merkeikseen, esimerkiksi Volkswagen ID-sarja, Mercedes EQ-sarja ja Hyundain tulossa oleva IONIQ-merkki. Toisaalta esimerkiksi PSA-ryhmässä on tuotu useita tuttuja automalleja myyntiin usealla eri käyttövoimalla, sisältäen myös täyssähköversion, esimerkiksi Peugeot 208/2008 ja Opel Corsa/Mokka. Tässä raportissa yhtenä esimerkkinä ensimmäisestä vaihtoehdosta on Skoda, joka ei ole tuonut Octaviasta tarjolle täyssähköversiota, vaan eriyttänyt vastaavan täyssähköversion Enyaq-malliksi. Samanlainen esimerkki on Nissan - täyssähköisen Qashqain sijasta myyntiin on tulossa vastaavan kokoinen Ariya. Tämä muutos tulee luultavasti muuttamaan myös yritysautomyyntissä suosituimpien autojen mallivalikoimaa käyttövoimamurroksen kiihtyessä.

Myyntiin vuoden 2021 aikana tulossa olevat mallit Nissan Ariya ja IONIQ 5 osuvat hyvin suosittujen yritysautojen kokoluokkaan, ja täyttävät myös toimintamatkallaan ja muilla ominaisuuksillaan, kuten vetokoukun asennusmahdollisuudella ja vetokyvyllään tämän luokan vaatimukset hyvin, joten ne voivat hyvinkin nousta myös yritysautomyyntissä suosittujen mallien joukkoon. Molemmista malleista on saatavana myös nelivetoversio.

Eräs yllättäjä saattaa olla hyvinkin kohtuullisesti hinnoiteltu Ford Mustang Mach-E. Eikä sovi unohtaa myöskään Tesla Model Y:tä, kunhan sen tuotanto alkaa Berliinin tehtaalla. Tesla, samoin kuin Nissan, on vielä kuitenkin melko vähän yrityskäyttöön rekisteröity automerkki.

Kiinalaisten merkkien rantautumista Eurooppaan on odotettu jo hetken aikaa, ja tulee olemaan mielenkiintoista seurata esimerkiksi Xpeng:in tai NIO:n tulevaisuutta. Nyt jo Suomessakin myyntissä oleva Maxus on hinnoiteltu kohtuullisesti. Nähtäväksi jää, miten hyvin uudet merkit pääsevät pureutumaan yritysautomarkkinoille.

## Johtopäätökset

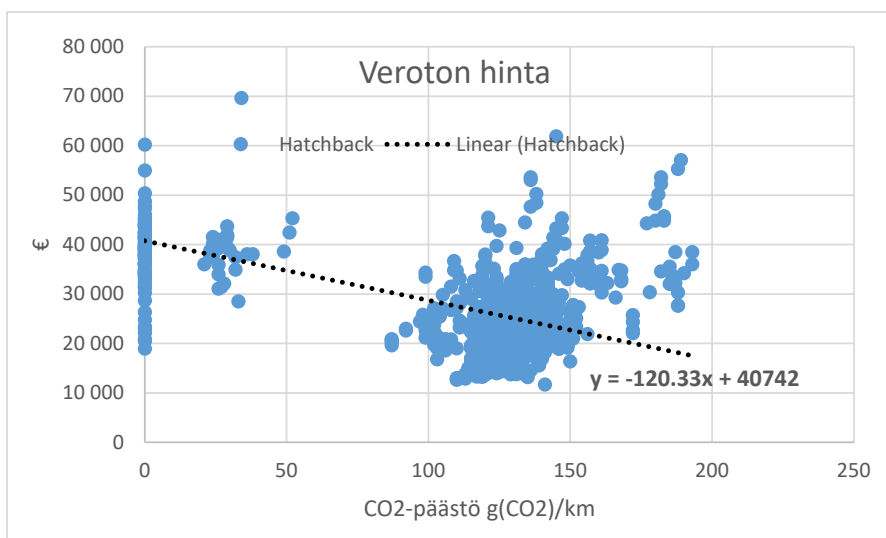
Odotettavissa on, että täyssähköautot tulevat kasvattamaan yritysautoissa markkinaosuuttaan sekä tarjonnan nopean kasvun, että työsuhdeautojen verotusmuutoksen johdosta, mutta yritysten on hyvä varautua ottamaan huomioon verotusarvon alennuksen kustannusvaikutus. Ladattavien hybridien kohdalla yrityksillä on taloudellinen kannuste huolehtia autojen lataamisesta, ja lakimuutoksen myötä kotilatauslaitteen saaminen ja lataamiseen kannustaminen helpottuvat. Uudet C- ja JS/JM-luokan täyssähköautomallit osuvat hyvin myös yritysautoluokkien tarpeisiin, mutta D-luokkaan tarvittaisiin lisää täyssähköautojen tarjontaa. Osaltaan D-luokan tarjonnan puutetta tulevat

oletettavasti täyttämään uudet JM-kokoluokan mallit, seuraten globaalia kysynnän ja tarjonnan muutosta sedan- ja farmarimalleista katumaastureihin.

## 2.2.4 Analyysi ominaispäästön mukaan

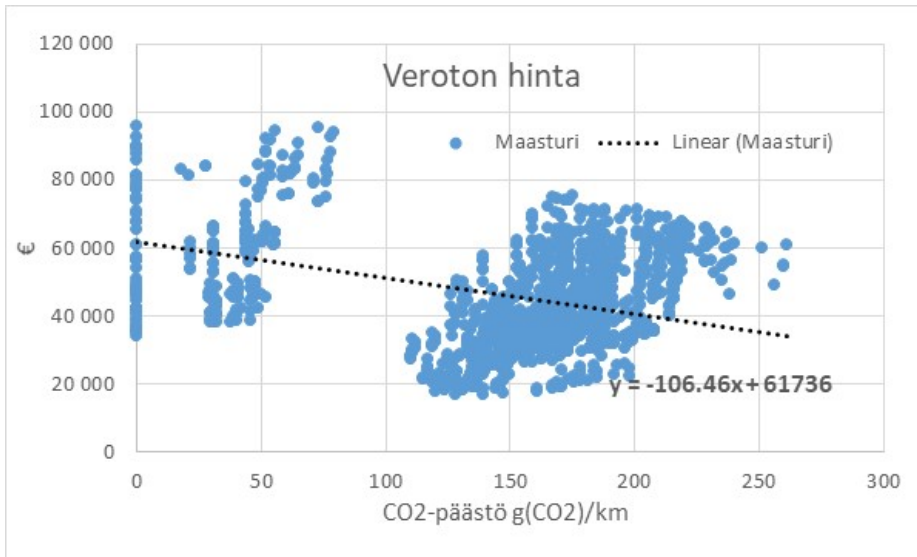
Autotietokannasta<sup>7</sup> poimitut henkilöautojen verottomat hinnat (tehdashinnat) ryhmiteltyinä kahteen ryhmään: hatchbackit (karkeasti segmentit B ja C) ja maasturit (karkeasti segmentit D ja JM) on esitetty alla olevissa kuvissa.

**Kuva 12.** Henkilöautojen (hatchback) verottomat hinnat ominaispäästön mukaan.



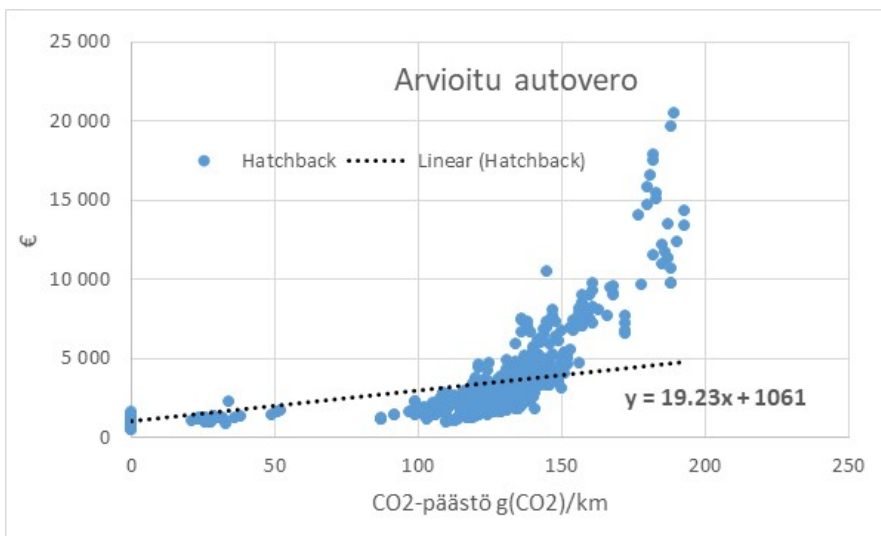
<sup>7</sup> Netwheels Oy:n automaahantuojaen tuella ylläpitämä tietokanta URL: <https://media.autotietokanta.fi>, joka toimii myös Traficom'in Autovertaamon (<https://autovertaamo.traficom.fi/>) taustalla, ja on myös sitä kautta luettavissa.

**Kuva 13.** Henkilöautojen (maasturi) verottomat hinnat ominaispäästön mukaan.

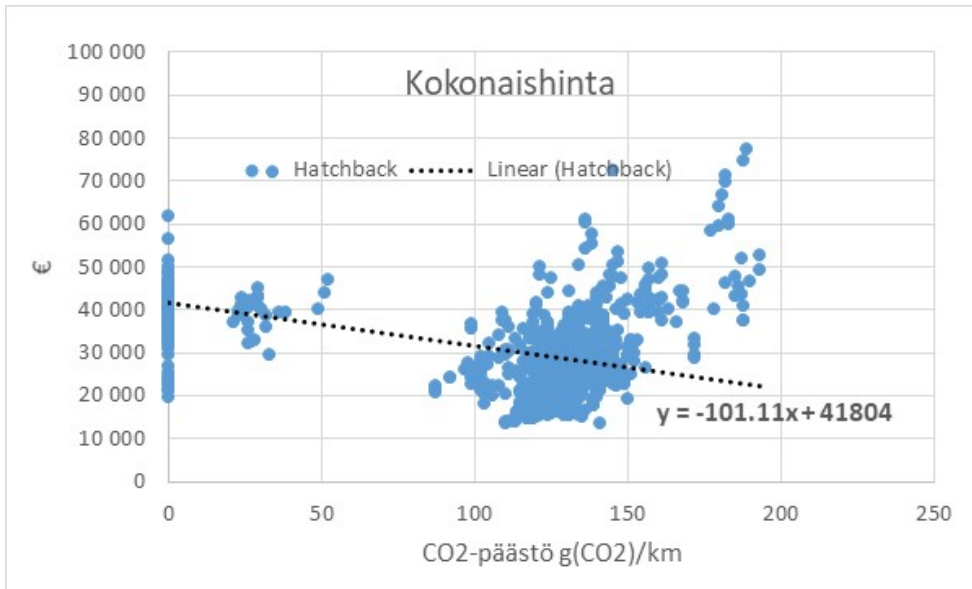


Kuten kuvista selkeästi nähdään, ovat vähä- ja nollapäästöiset autot tällä hetkellä tehdashinnoiltaan perinteisten käyttövoimien autoja kalliimpia. Autojen kokonaishinta muodostuu autoverosta (CO<sub>2</sub>-progressiivinen) sekä tämän jälkeen lisättävästä arvonlisäverosta. Nykyisen autoverokannan mukaan arvioitu autovero ja samojen mallien kokonaishinnat on esitetty alla. Otoksista on leikattu pois kokonaishinnaltaan yli 80 k€ maksavat hatchbackit ja yli 100 k€ maksavat maasturit.

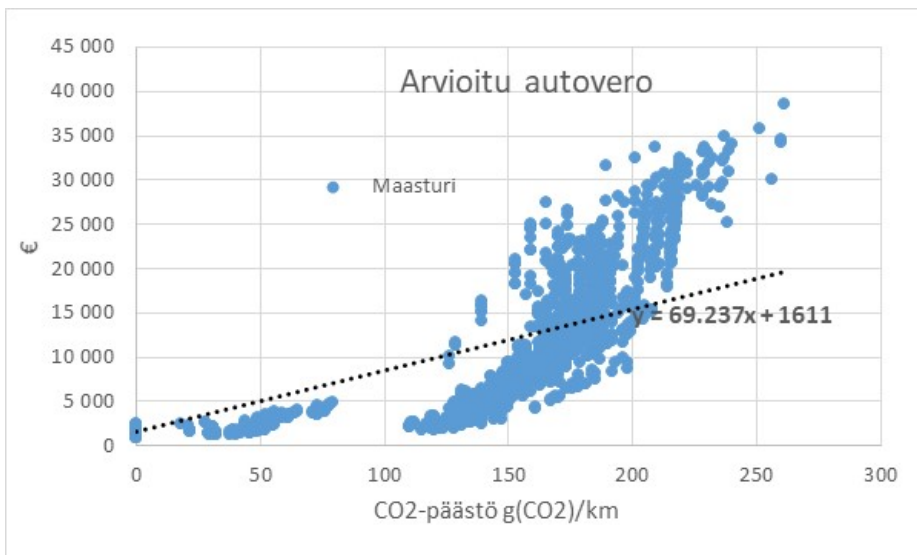
**Kuva 14.** Henkilöautojen (hatchback) arvioitu autovero ominaispäästön mukaan.



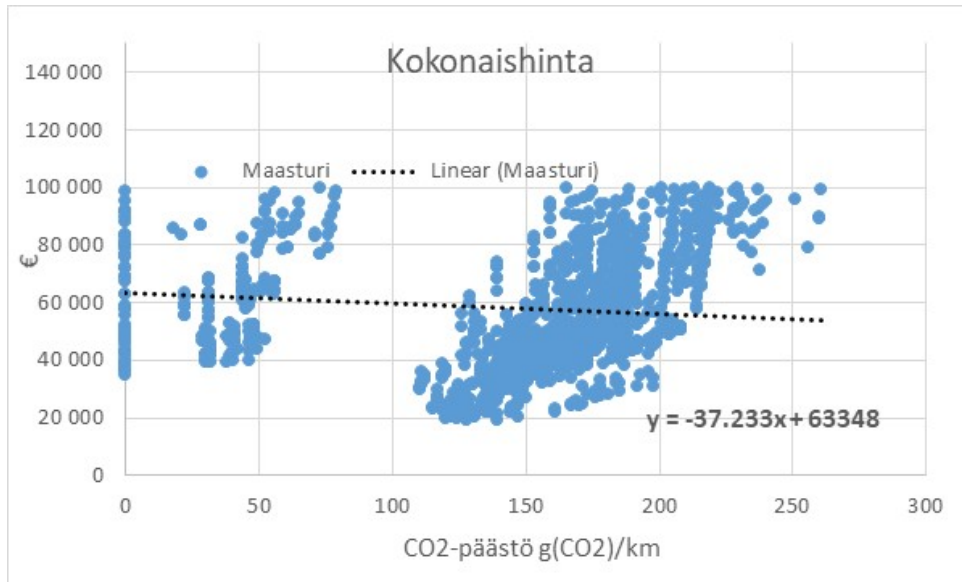
**Kuva 15.** Henkilöautojen (hatchback) arvioitu kokonaishinta ominaispäästön mukaan.



**Kuva 16.** Henkilöautojen (hatchback) arvioitu kokonaishinta ominaispäästön mukaan.



**Kuva 17.** Henkilöautojen (maasturi) arvioitu autovero ominaispäästön mukaan.



Hintatiedoista voidaan selkeästi nähdä, että verottomissa tehdashinnoissa on nykytilanteessa vielä pitkä matka ostohetken hintapariiteettiin. Toinen perushavainto on, että CO<sub>2</sub>-progressiivinen autovero toimii kohtuullisesti jo nykyisellään, erityisesti maasturien osalta ollaan melko lähellä vaakasuoraa, eli ostohinnan pariteettia CO<sub>2</sub>-yli. Hatchback-ryhmässä nolla- ja vähäpäästöiset autot näyttävät edelleen kokonaishinnaltaan kalliimpina. Tähän on mahdollista vaikuttaa autojen hankintahintaan vaikuttavien ohjauskeinojen kautta.

## 2.3 Pakettiautot

Suosituimmat pakettiautomerkit vuonna 2020 on esitetty alla:

<b>Merkki</b>	<b>Määrä</b>
FORD	3 235
VOLKSWAGEN	2 705
MERCEDES-BENZ	1 648
TOYOTA	1 602
RENAULT	1 062
OPEL	693
CITROEN	639
NISSAN	355
PEUGEOT	346
FIAT	168

Pakettiautoissa käyttövoimavaihtoehtoja ovat mallivalikoiman laajuuden mukaan järjestyksessä diesel, sähkö, bensiini, ladattava hybridi ja kaasu. Diesel on selvästi suosituin, ja dieselmallisto onkin kattavin. Bensiini, kaasu ja ladattava hybridi ovat selvästi vähemmistössä. Suomessa on myynnissä tällä hetkellä vain yksi kaasukäyttöinen pakettiautomalli, Iveco Daily. Samoin ladattavana hybridinä saa vain Ford Transit / Tourneo Custom -pakettiautoa. Bensiinivaihtoehtoja löytyy lähinnä aivan pienistä pakettiautoista, pl. Toyota Proace.

Vaihtoehtoisilla polttoaineilla kulkevista pakettiautoista, täyssähköversiot ovat kasvattaneet mallistoaan eniten viime vuosina. Taulukossa alla on lueteltu Suomessa myynnissä olevat täyssähköpakettiautot tammikuussa 2021.



<b>Merkki ja malli</b>	<b>Akuston koko (kWh)</b>	<b>Toimintamatka (km)</b>	<b>Kantavuus (kg)</b>	<b>Hankintahinta alkaen (€)</b>	<b>Vastaavan dieselmallin hinta alkaen (€)</b>
Citroën ë-Jumpy	50 / 75	230 / 330	1000 - 1275	44 592	28 007
Iveco Daily Electric		70 - 280			40 475
MAN eTGE	35,8	173	970	58 097	32 955
Maxus e-Deliver 3	35 / 53	260 - 356	860 - 1000	36 387	-
Mercedes-Benz eSprinter	41 - 55	100 - 135	965	74 702	43 730
Mercedes-Benz eVito	41	137	1073	60 540	36 777
Nissan e-NV200	40	200	742	39 024	23 425
Opel Vivaro-e	50 / 75	230 / 330	1000 - 1250	43 910	30 354
Peugeot e-Expert	50 / 75	230 / 330	1000 - 1275	43 299	28 207
Renault Kangoo Z.E.	33	220	490 - 585	32 190	24 990
Renault Master Z.E.	33	120			
Toyota Proace EV	50 / 75	230 / 330	1000 - 1275	46 881	31 135
Volkswagen e-Crafter	35,8	172	975	71 992	44 459

PSA-ryhmän kolme pakettiautomerkkiä (Citroën, Peugeot ja Opel) jakavat saman voimalinjan, jota käyttää myös Toyota Proace. Vuoden 2021 aikana PSA-ryhmä on tuomassa myyntiin myös kokoluokkaa pienemmät pakettiautomallit Citroën Berlingon, Opel Combon, Peugeot Partnerin. Samaan mallisarjaan pohjautuvat Toyota Proace City tulee tällöin myös markkinoille. Suurempaan kokoluokkaan ovat tulossa myyntiin myös Opel Movano-e, Peugeot e-Boxer ja Citroën ë-Jumper, jotka julkistettiin vuonna 2020.

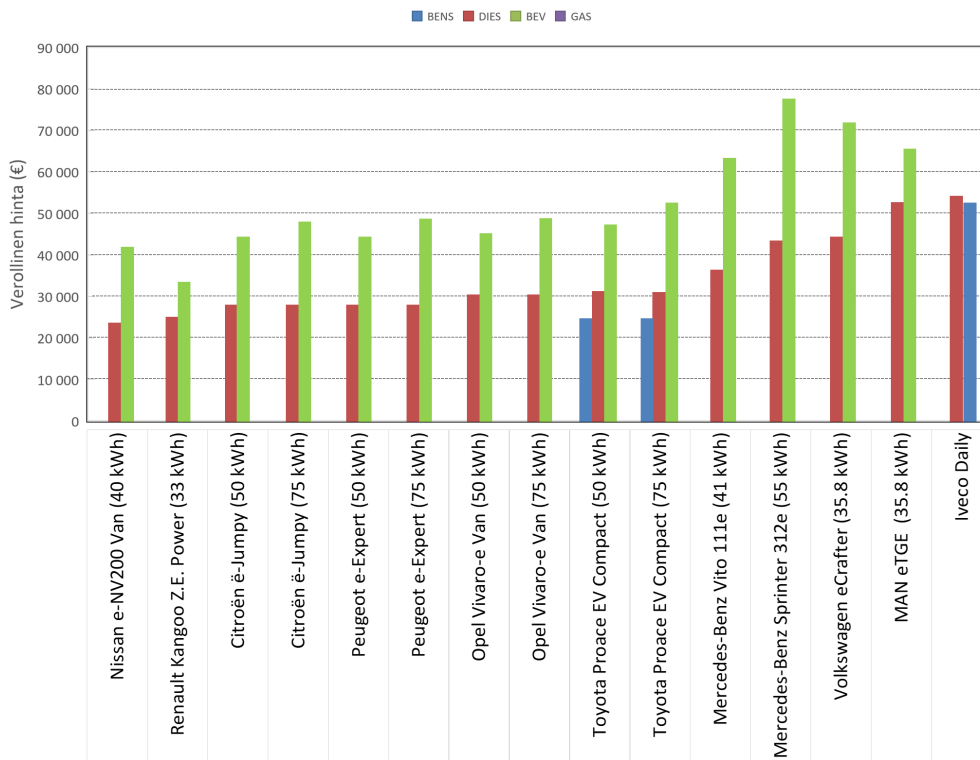
Vuonna 2020 julkaistiin, ja osalla markkinoista tuli myös myyntiin, myös Fiat e-Ducato, kolmena eri alustaversiona. e-Ducato tulee tarjolle kahdella eri akkukooalla, 47 ja 79 kWh, joiden avulla toimintamatkaksi luvataan noin 230 - 360 km.

Ford on julkaisemassa vuonna 2022 täyssähkömallin Transitista. Autoon on tulossa aluksi tarjolle 67 kWh kokoinen akusto, mutta Ford lupaa myös lisää vaihtoehtoja tulevaisuudessa. Fordin osalta Transit Custom on jo saatavana ladattavana hybridinä.

Nissan ei ole julkaissut suunnitelmiaan suurempien pakettiautojensa NV300:n ja NV400:n täyssähköversioista, mutta konsernin sisaryhtiö Renault on jo julkaissut täyssähköversion Masterista.

Suomen valikoimassa myyntiin tuli vuoden 2020 lopussa ensimmäinen kiinalainen pakettiauto Maxus e-Deliver.

**Kuva 18.** Pakettiautojen hintavertailua (hintojen lähde: Autotietokanta/Netwheels).



Pakettiautot ovat vahvasti sähköistymässä, ja alkuvaiheessa suuri osa tarjonnasta on suunnattu lähinnä kaupunkijakeluun ja vastaaviin lyhyen ajomatkan tarpeisiin. Osaa markkinoille tuoduista autoista ei ole Suomen tuontiohjelmassa, esimerkiksi Volkswagenin konversiona ABT:llä teettämää e-Transporteria. Vuonna 2022 lähes kaikista Suomessa myynnissä olevista pakettiautomalleista löytyy myös täyssähköversio. Toistaiseksi täyssähköpakettiautojen hankintahinnat ovat vielä selvästi korkeampia kuin vastaavien dieselversioiden.

Renault julkisti Masterista ja Kangoosta vuoden 2019 lopulla myös vetykäyttöiset Z.E. Hydrogen -versiot. Autoissa on sama 33 kWh akusto kuin täyssähköversiossakin, mutta sen lisäksi 5 kW polttokenno ja 74 litran vetytankki, joka noin kaksinkertaistaa auton toimintamatkan täyssähköversioon verrattuna (Master 350 km ja Kangoo 320 km). Autojen kantavuus on samaa luokkaa täyssähköversioiden kanssa.

Pakettiautoihin on myös syntymässä uudestaan pienempi, pelkästään kaupunkikäyttöön suunnattu kokoluokka, esimerkiksi ruotsalaisen Inzilen ja belgialaisen Addaxin toimesta.

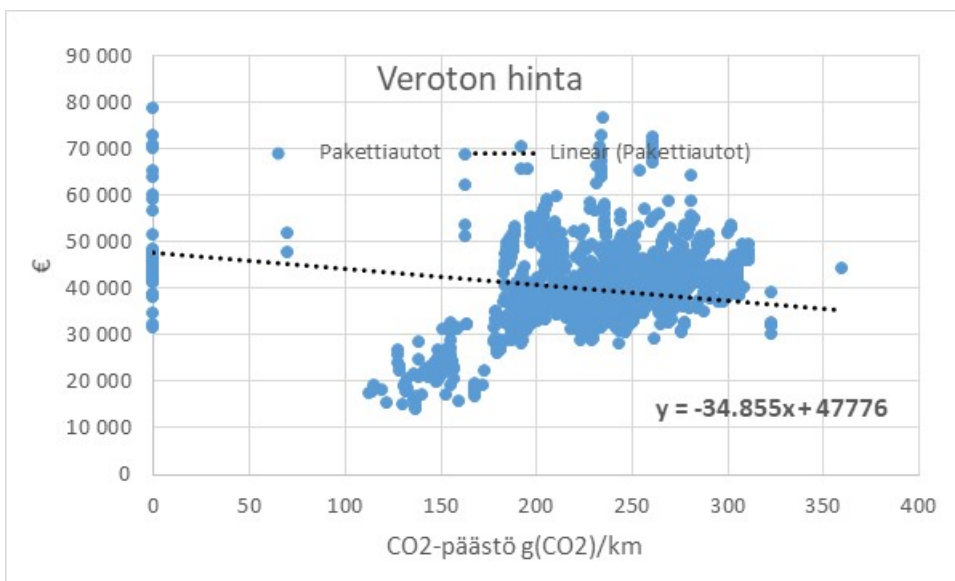
**Kuva 19.** Kaupunkikäyttöön suunnattu Inzile-kevytpakettiauto (kuva: Inzile).



### 2.3.1 Analyysi ominaispäästön mukaan

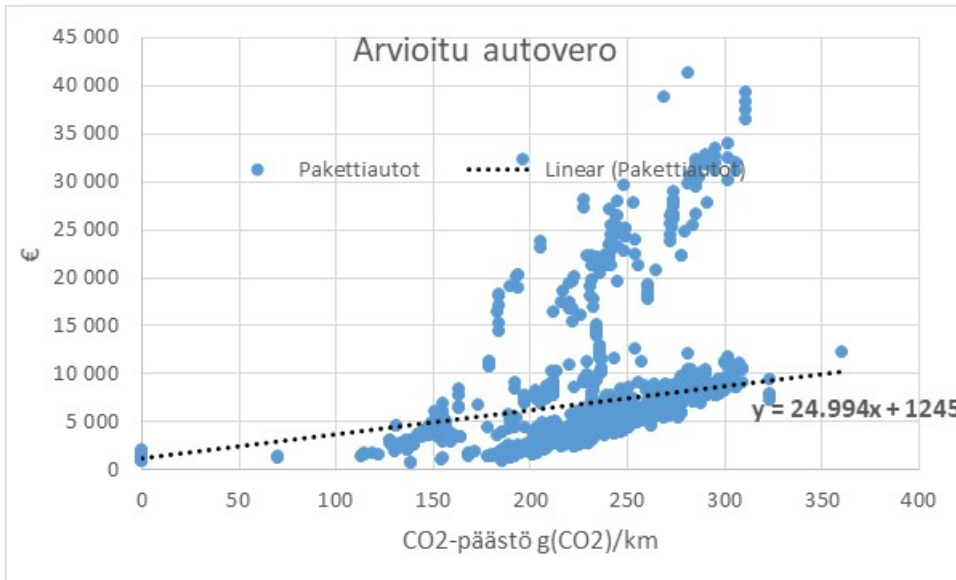
Netwheels Oy:n ylläpitämästä Autotietokannasta (<https://media.autotietokanta.fi>) poimitut pakettiautojen verottomat hinnat (tehdashinnat) on esitetty alla olevassa kuvassa.

**Kuva 20.** Pakettiautojen verottomat hinnat ominaispäästön mukaan.

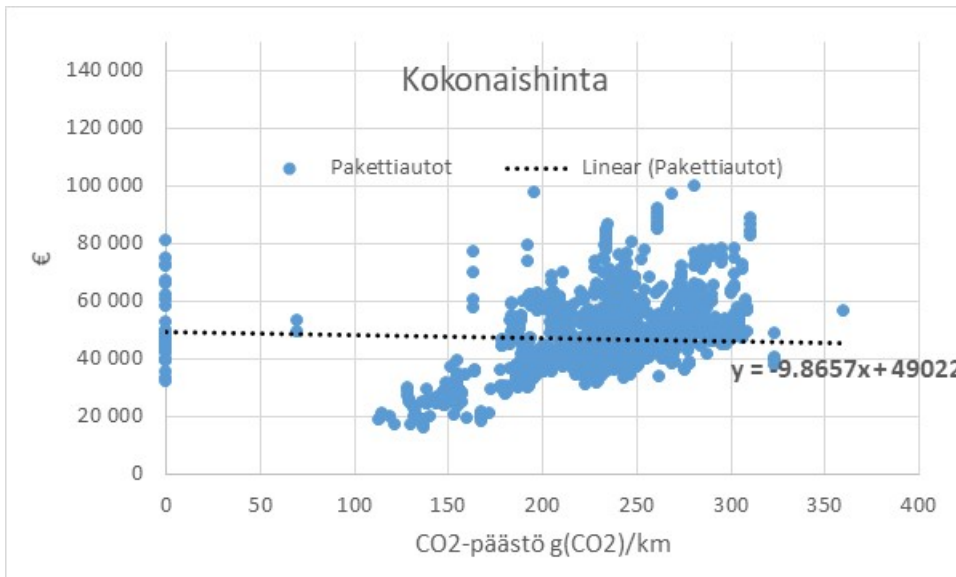


Kuten nähdään, ovat vähä- ja nollapäästöiset pakettiautot tällä hetkellä tehdashinnoiltaan perinteisten käyttövoimien pakettiautoja kalliimpia. Autojen kokonaishinta muodostuu autoverosta (CO<sub>2</sub>-progressiivinen) sekä tämän jälkeen lisättävästä arvonlisäverosta. Nykyisen autoverokannan mukaan arvioitu autovero ja samojen mallien kokonaishinnat on esitetty alla.

**Kuva 21.** Pakettiautojen arvioitu autovero ominaispäästön mukaan.



**Kuva 22.** Pakettiautojen arvioitu kokonaishinta ominaispäästön mukaan.



Hintatiedoista voidaan selkeästi nähdä, että samoin kuin henkilöautoissa, on paketti-autojen osalta verottomissa tehdashinnoissa nykytilanteessa vielä pitkä matka ostohetken hintaparieteettiin. Toinen perushavainto on, että CO<sub>2</sub>-progressiivinen autovero toimii kohtuullisesti jo nykyisellään eli progressiivinen autoverotus tasaa tilannetta kokonaishinnan osalta.

## 2.4 Bussit

Tämä osuus käsittelee kansallisten bussimarkkinoiden tilannetta eri käyttövoimien saatavuuden ja markkinakehityksen näkökulmasta. Markkinakehityksen selvittämiseksi tietoa on kerätty julkisista lähteistä sekä ajoneuvovalmistajien ja maahan-tuojien haastatteluilla.

Linja-automarkkinat ovat kokeneet merkittäviä muutoksia kansallisella tasolla viimeisen muutaman vuoden aikana. Sähköbussien tuoma etu linjojen kilpailutuksissa on asettanut operaattoreille paineita vaihtaa dieselmoottorilla varustetut kaupunkiytimissä liikkuvat linja-autot akkusähkökäyttöisiin. Esimerkiksi Nobina on lyhyessä ajassa noussut Suomen suurimmaksi sähköbussioperaattoriksi tuomalla Helsingin seudulle 58 kpl ja Turun alueelle 42 kpl BYD-merkkistä kiinalaisia sähköbussia<sup>8</sup>. Tätä ennen Suomen teillä liikkuvien bussien käyttövoimana on suurimaksi osaksi ollut diesel, joskin mm. Helsingin seudun bussiliikenne (HSL) on siirtynyt fossiilisesta dieselpolttoaineesta kokonaan uusiutuvan dieselpolttoaineen käytön piiriin vuoden 2020 aikana<sup>9</sup>. Lisäksi markkinoilla on ollut jo jonkin aikaa muita vaihtoehtoisia käyttövoimia, kuten diesel-sähkö -hybridit, kaasusovellukset (metaani) ja etanolidieselautot (ED95), mutta näiden osuus kokonaisuudessa on jäänyt häviävän vähäiseksi.

### 2.4.1 Kaasu

Metaanikaasulla toimivia kaupunkibusseja on ollut tuotannossa kymmeniä vuosia, ja tekniikka on vakiintunutta. Ennen kehittyneitä dieselmoottorien puhdistusteknologioita kaasubussilla oli etuja pienempien hiukkaspäästöjen muodossa, mutta EURO VI-tasolla eroja ei enää juuri ole. Kaasubussi tulee kuitenkin toimeen yksinkertaisemmalla ja halvemmalla pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmällä kuin diesel.

---

<sup>8</sup> <https://www.nobina.com/fi/finland/ uutiset/nobinasta-ensi-vuonna-suomen-suurin-sahkobussioperaattori/>

<sup>9</sup> <https://www.hsl.fi/hsl/uutiset/uutinen/2017/06/kaupunkiliikenne-puhdistuu---hsl-ja-stara-siirtuvat-kokonaan-uusiutuviin-polttoaineisiin>

Kaasubussien tarjonta on kuitenkin viimeisen vuosikymmenen aikana supistunut hieman monestakin syystä. Kaasubusseista valtaosa on tarkoitettu kaupunki- ja lähiliikenteeseen, eikä kaasukäyttövoiman tarjonta ole tällä hetkellä kauko- ja turistibussien suhteen kovinkaan laaja. Erityisesti dieselsversioiden polttoainetaloudellisuus ja käytettävyys kuronut kaasubussien käytön kannattavuutta. Lisäksi akkusähkövaihtoehtojen lisääntyessä kaasubussien houkuttelevuus on laskenut entisestään. Tällä hetkellä ainoastaan Scania, Mercedes-Benz ja IVECO tarjoavat edelleen CNG-busseja markkinoille. LNG-autojen tarjonta on tankkausinfrastruktuurin haasteellisuuden vuoksi käytännössä olematonta.

## 2.4.2 Sähkö

Kaupunkiliikenteeseen tarkoitettuja busseja on saatavilla täyssähköisinä useilta eri valmistajilta. Eurooppalaista tarjontaa edustavat Mercedes-Benz, Scania, Solaris, Volvo ja VDL. Poikkeuksena muihin Euroopan ajoneuvovalmistajiin, IVECO ei tällä hetkellä tarjoa ainoatakaan sähköbussimallia. Kiinalaisia ovat ainakin BYD ja Yutong, jolla on tuotelinjassaan myös kaupunkien väliseen liikenteeseen tarkoitettu malli.

Akkusähköteknologian on todettu soveltuvan kaupunki- ja lähiliikenteeseen tarkoitettuihin linja-autoihin mainiosti. Linja-auton työajat painottuvat aamun ja iltapäivän ruuhka aikoihin, jonka vuoksi akkujen täyteen lataaminen voidaan suorittaa yön aikana ja ylläpitävää pikalatausta voidaan lisätä työsuoritteiden välissä heti aamu- ja iltavuorojen jälkeen. Lisäksi tyypillinen kaupunkiliikenne sopii sähkökäyttövoimalle hyvin erinomaisen energiatehokkuuden ansiosta, ja liike-energian regenerointia voidaan hyödyntää tehokkaasti toistuvissa jarrutustilanteissa. Nämä tekijät yhdistettynä lähipäästöjen puuttumiseen tekevät akkusähkölinja-autosta houkuttelevan vaihtoehdon liikennöitsijöiden näkökulmasta. Lisäksi käyttökustannusten on todettu laskevan sähköbussien käyttöönoton kautta merkittävästi, sillä dieselkäyttöisten autojen energiakulutus on kaupunkiolosuhteissa sähköautoja huomattavasti korkeampi. Sähköbusseihin tarjottavat lataus- ja voimalinjaratkaisut vaihtelevat suuriakkuisista varikolla ladattavista busseista käytön aikana terminaaleissa, solmupisteissä tai päätepysäkeillä automaattisesti kytkeytyvillä virroittimilla (pantografeilla) pikaladattaviin busseihin, joissa on tyypillisesti hieman varikkoladattavia busseja pienempi akusto.

Pieninä sarjoina on valmistettu myös vetykäyttöisiä kaupunkibusseja, mutta ne ovat toistaiseksi liittyneet vielä lähinnä erilaisiin teknologiademonstraatioihin, eivätkä vielä suoranaisesti kilpaile markkinoilla. Solaris ilmoittaa internetsivuillaan vetypolttokennoauton kuuluvan nykyiseen tuoteportfolioonsa, mutta tämän saatavuudesta ei ole tällä hetkellä tietoa. Lisäksi Solariksella on olemassa akkusähköauto, joka on saatavilla

myös pienellä vety-polttokennolla, joka toimii ns. ”range extenderinä” eli toimintamatkan pidentäjänä. Vety-polttokennoteknologialla on kuitenkin lupaavia mahdollisuuksia pitkämatkaisemmassa, kaupunkien välisessä liikenteessä.

## Saatavilla olevat linja-autojen käyttövoimavahtoehdot

Linja-autojen uusien käyttövoimien markkinatarjonta on parantunut viime vuosien aikana nopeasti. Saatavilla olevat käyttövoimavaihtoehdot ja niiden määrät ovat esitetty Kuvassa 23. Kuvan pylväät kuvastavat markkinoilla olevien käyttövoimavaihtoehtojen lukumäärät bussikategorioiden mukaan (lähi- ja kaukobussiliikenne). Markkinatarkastelun perusteella vaikuttaa, että markkinoilla olevien vaihtoehtojen käyttövoimien myynti on painottunut sekä diesel- että sähköbussisiin ja merkittävimmät markkinamuutokset liittyvät viime vuosien aikana täyssähköbussien lisääntyneeseen tarjontaan. Käytännössä kaikilla linja-autovalmistajilla on tarjota sähkö ja/tai hybridiversio dieselmoottorillisten versioiden rinnalle IVECOa lukuun ottamatta. Kaasubusseja on puolestaan saatavilla Scanialla, Mercedes-Benzillä ja IVECOlla. Scania tarjoaa tämän lisäksi etanolibusseja, joiden myynti on poikkeuksellisen polttoaineen (ED95) ja sen rajoitetun saatavuuden vuoksi ollut marginaalista. Mercedes-Benz<sup>10</sup> ja Solaris<sup>11</sup> tarjoavat jo vety-polttokennobussia (Mercedes-Benz vuodesta 2022), mutta todellisesta markkinasaatavuudesta ei ole juurikaan tarkempaa tietoa saatavilla.

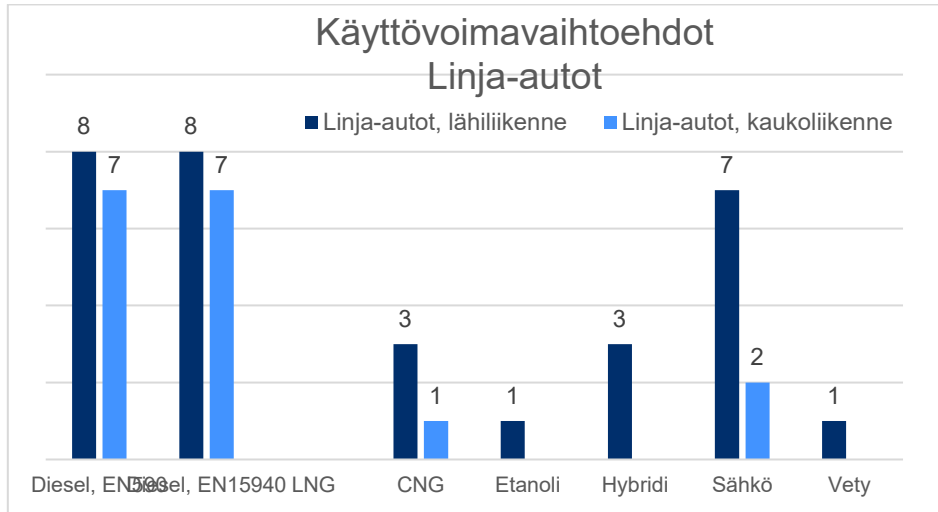
---

<sup>10</sup> <https://fuelcellsworks.com/news/mercedes-benz-ecitaro-fuel-cell-city-bus-will-be-available-starting-2022/>

<sup>11</sup> <https://www.solarisbus.com/en/vehicles/zero-emissions/hydrogen>



**Kuva 23.** Saatavilla olevat käyttövoimavaihtoehdot lähi- ja kaukoliikenteeseen tarkoitetuissa linja-autoissa (tarjolla olevien merkkien määrä /vaihtoehto).



Pidemmillä välimatkoilla tarkoitettujen linja-autokaluston tarjonta ei ole yhtä monimuotoinen kuin kaupunkiympäristöön tarkoitettujen ajoneuvojen. Tarjolla on lähinnä diesel-busseja, eikä sähkövoimalinjoihin nähdä vielä täyttävän näiden bussityyppien vaatimuksia toimintasäteen kannalta. Hybridialustat eivät myöskään tuota merkittäviä etuja näiden ajoneuvojen osalta, sillä pitkillä välimatkoilla polttomoottoria joudutaan lopulta käyttämään pääasiallisena voimanlähteenä, eikä talteen otettavaa liike-energiaa synny suhteessa liikuttuun välimatkaan tyypillisesti ollenkaan, pl. mäkien maasto, jolloin ylä/alamäkiäyössä voidaan hyödyntää regenerointia.

Kiinalaiset bussivalmistajat tarjoavat jo turistiajoneuvoihin sähköratkaisuja, mutta näistä ei toistaiseksi ole kokemuksia. Vety-polttoakseliteknologiaa on esitetty potentiaalisena vaihtoehtona pitkän matkan dieselbussien korvaajiksi, mutta tekniikka on vasta pääasiassa kehitteillä, ja sen odotetaan tulevan markkinoille ensisijaisesti raskaassa kuljetuskalustossa ennen bussisovelluksia. Pitkän matkan bussit joutuvat näiden tietojen valossa nojautumaan perinteiseen dieselteknologiaan vielä vähintään 5 vuotta ennen kuin potentiaalisia varteenotettavia vaihtoehtoja saadaan ylipäättään markkinoille.

## 2.5 Kuorma-autot

Kuorma-autojen kehitys on kokemassa seuraavan kymmenen vuoden kuluessa eräänlaisen murrosvaiheen useampien vaihtoehtoisten käyttövoimien tullessa markkinoille. Esimerkiksi jakeluautopuolella on jo tarjontaa akkusähköautojen (battery electric vehicle, BEV) saralla, eikä tulevaisuudessa vaikuta olevan yhtäkään kuorma-autonvalmistajaa, jolla ei olisi sähkökäyttöistä jakeluautoa myyntilistoillaan. Lisäksi muita käyttövoimavaihtoehtoja on jo tullut tai on kehitteillä seuraavan vuosikymmenen aikana, ml. erilaiset hybridit ja vetypolttokeinoihin perustuvat teknologiat.

Raskaan kaluston markkina- ja teknologiakehityksen nykytilanteen ja tulevaisuuden suunnan kartoittamiseksi työhön kerättiin tietoa julkisista lähteistä sekä kansallisilta markkinoilta, kuten haastattelemalla maahantuojien myynti- ja teknologiaorganisaation jäseniä. Selvityksen tarkasteluun sisällytettiin seuraavat valmistajat/maahantuojat: DAF, IVECO, MAN, Mercedes-Benz, Renault, Scania, Sisu sekä Volvo. Em. tahojen yhteenlaskettu markkinaosuus (yli 16t kuorma-autojen) oli vuonna 2020 n. 99,6 %<sup>12</sup>.

**Taulukko 4.** Vuoden 2020 ensirekisteröintijakauma yli 16t kuorma-autojen luokassa

Merkki	Markkinaosuus
SCANIA	39 %
VOLVO	32 %
MERCEDES-BENZ	18 %
DAF	3 %
MAN	3 %
IVECO	2 %
RENAULT	2 %
SISU	1 %
Summa	<u>99,6 %</u>

<sup>12</sup> [https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kuorma-autojen\\_vuosittaiset\\_merkkitilastot/yli\\_16\\_tonna](https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kuorma-autojen_vuosittaiset_merkkitilastot/yli_16_tonna)

## Drop in -polttoaineet ja EN15940

Kaikille markkinoilla oleville dieselkäyttöisille kuorma-autoille on myönnetty yhteensopivuus ns. drop-in -polttoaineille, kuten HVO:lle, GTL:lle sekä muille parafiinipolttoaineille, jotka täyttävät EN15940 polttoainestandardin. Yleisimmät kuorma-autovalmistajat ovat myöntäneet kyseisen polttoaineen yhteensopivuuden 2010 luvun puolivälistä lähtien<sup>1314</sup>. Tämä tarkoittaa sitä, että käytännössä valtaosa aktiivisessa tieliikenteessä käytössä olevista dieselkäyttöisistä kuorma-autoista kykenee toimimaan uusiutuvalla polttoaineella muuttamatta auton tai moottorin teknisiä ominaisuuksia. On kuitenkin huomioitava, että biopolttoaineiden jakeluvetoilain<sup>15</sup> käyttöönoton myötä yksittäinen toimija ei voi kuitenkaan Suomessa vaikuttaa tieliikenteessä käytettävään absoluuttisen bio-osuuden lisäämiseen, koska kaikki toimitetut polttoaine-erät kartutavat jakelijoiden velvoitteita yhtäläisesti, eikä ”puhtaana” myyty polttoaine poikkea missään suhteessa ”normidieseliin” sekoitettavista jakeista jakeluvetoilain täyttämisen kannalta. Tämä tilanne ei kannusta alan toimijoita vaihtamaan polttoainelaatua fossiilisesta uusiutuvaan. Myös kustannukset kasvavat, sillä puhtaan uusiutuvan HVO:n hinta fossiiliseen dieselpolttoaineeseen verrattuna polttoainejakeluasemilla on tällä hetkellä noin 0,25 euroa/litra korkeampi.

### 2.5.1 Kaasu

Metaanikaasulla toimivia kuorma-autoja on ollut tuotannossa jo yli kymmenen vuoden ajan. Aluksi kaikki raskaat kaasumoottorit olivat joko kipinäsytytteisiä ottomoottoreita, tai ns. dual-fuel eli kaksipolttoainemoottoreita, joissa kaasu syötettiin imuilman mukana, ja dieselpolttoaine normaalisti korkeapaineisena suuttimen kautta palotilaan.

Kipinäsytytysmoottorin hyötysuhde on kuitenkin huonompi kuin dieselin, ja diesel dual-fuel -moottoreissa ongelmana ovat usein korkeat metaanipäästöt, kun kahden polttoaineen yhtäaikainen hallittu määrän säätö on hankalaa. Volvo on kuitenkin tuonut vuonna 2018 markkinoille moottorin, jossa dieselpolttoainetta ja metaanikaasua ruiskutetaan samasta kaksoissuuttimesta yhtä aikaa suoraan palotilaan. Moottorin hyötysuhde on vastaavan normaalidieselin tasolla, mutta koska metaanissa on vähemmän hiiltä suhteessa vetysisältöön, on moottorin CO<sub>2</sub>-päästö noin 10% pienempi

<sup>13</sup> <https://news.cision.com/volvo-trucks/r/volvo-trucks-certify-all-engines-for-the-diesel-hvo,c9794896>

<sup>14</sup> <https://www.biofuel-express.com/en/hvo/>

<sup>15</sup> <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56210/biopolttoaineiden-jakeluveto2/>

kuin dieselin. Biokaasun käytöllä saavutetaan luonnollisesti vielä suurempia päästövähennyksiä.

Maakaasua voidaan varastoida autoissa kahdella eri tavalla, eli paineistamalla kaasua noin 200 bar paineeseen (CNG, compressed natural gas) tai jäähdyttämällä kaasua, kunnes se nesteytyy (LNG, liquified natural gas), mikä tapahtuu lämpötilassa -162 °C. Nestemäisen metaanin matalasta lämpötilasta johtuen LNG-säiliö on tyhjiöeristetty, ja siten teknisesti monimutkaisempi kuin painesäiliö. Eristyksestä huolimatta käytännössä LNG-säiliö ”kiehuu hieman yli” koko ajan, eli kaasua höyrystyy. Siksi LNG soveltuu parhaiten käyttötapaukseen, jossa ajo on enemmän tai vähemmän jatkuvaa ilman pitkiä seisonta-aikoja, jolloin kaasua jouduttaisiin säiliön paineen nousun välttämiseksi päästämään ilmaan.

Käytettävä kaasua voi olla joko fossiilista maakaasua tai uusiutuvaa biokaasua (compressed biogas, CBG tai liquified biogas, LBG), eikä kaasuasemilla jaettavien lopputuotteiden välisiä eroja juurikaan ole havaittavissa. Biokaasu on toistaiseksi jätetty jakeluvelvoitteen ulkopuolelle, mutta sen mukaan ottoa valmistellaan. Samalla vaadittavaa bio-osuutta nostettaisiin.

Kaupungeissa toimivissa kuorma-autoissa käytetään tyypillisesti tapaan paineistettua kaasua kuten busseissa, mutta erityisesti pitkämatkaiseen rahtiliikenteeseen on tarjolla autoja myös LNG:n säiliöillä. Nesteytetyssä muodossa saadaan säiliöön suurempi määrä metaania, joka riittää pitempään ajomatkaan suurellakin autolla. Suomessa CNG:n käyttö on ollut etusijalla myös kuorma-autoissa johtuen laajemmasta polttoaineen jakeluinfrastruktuurista. CNG-asemia on nyt noin 50, mutta LNG-asemia on tällä hetkellä Suomessa vasta ns. runkolinjoilla, eli isompiin kaupunkeihin johtavien pääväylien varressa tai niiden risteyksissä, joihin Gasum on rakentanut kymmenkunta asemaa. Asemien tarkat sijainnit löytyvät mm. Gasumin verkkopalvelusta<sup>16</sup>. Myös muut jakelijat ovat perustamassa LNG-asemia, mutta jakelu keskittyy edelleen pääasiassa logistiikkareittien solmukohtiin tai isojen terminaalikeskittymien läheisyyteen.

LNG:n saatavuus onkin aiheuttanut ongelmia autojen myynnissä, sillä polttoaineen jakeluinfrastruktuurin ollessa niukkaa LNG-ajoneuvot soveltuvat ainoastaan reiteille, jotka kulkevat riittävän läheltä polttoaineen jakeluasemaa.

Kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintatuki otettiin käyttöön 1.12.2020<sup>17</sup>. Hankintatuki on voimassa 1.12.2021 - 30.11.2022 välisenä aikana, ja myönnettävän tuen suu-

<sup>16</sup> <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>

<sup>17</sup> <https://www.trafficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-kaasukayttoisen-kuorma-auton-hankintatukea>

ruus on 5000 € CNG- sekä 12 000 LNG- ajoneuvoille. Hankintatuen toivotaan maahantuojien puolesta johtavan kaasuautojen yleistymiseen Suomessa. Tämä on näkynyt jo alkuvuonna tarjouspyyntöjen selvänä kasvuna erityisesti kevyempien ja keskiraskaiden kuorma-autojen segmentissä.

## 2.5.2 Sähkö- ja hybridisovellukset

Täyssähköisiä kuorma-autoja on saatavissa runsaimmin kaksiakselisessa jakeluauto-luokassa (kokonaispaino enintään 18 tonnia), ja kolmiakselisissa (kokonaispaino enintään 28 tonnia), kuten jätepakkaaja-autoissa. Valmistajia ovat ainakin Mercedes-Benz, Volvo, MAN, Scania ja Renault. Valmistusmäärät ovat kuitenkin vasta hyvin pieniä, muutamia kymmeniä tai enintään satoja autoja/vuosi, mutta 2025 mennessä sekä valmistusmäärien että myyntivolyymien ennustetaan kasvavan merkittävästi.

Tällä hetkellä sähkökuorma-autojen myyntimäärä on liikkunut kokonaisuudessaan yhteensä muutamassa yksilössä. Nämä tuotteet on myyty asiakkaille lähinnä pilotointi- ja testikäyttöön. Asiakaspalautteiden perusteella sähköajoneuvot ovat kuitenkin saaneet runsaasti kiitosta erityisesti työergonomian suhteen, sillä sähköinen voimalinja on hiljainen ja tuottaa vähemmän värähtelyä kuin perinteinen, etenkin liikkeellelähdyksessä.

Suurin akkusähköillä toimivien ajoneuvojen haaste nykytilanteessa on diesel-versioon verrattuna huomattavasti lyhyempi käyttösaade sekä merkittävä ero ostohinnassa: sähköautojen hinnat ovat noin kaksinkertaiset dieselsovellukseen verrattuna. Toisaalta käyttökustannukset ovat kokonaisuudessaan dieselvesioita huomattavasti pienemmät, jolloin tilanne omistajan kokonaiskustannuksen osalta tasoittuu.

Hybridikuorma-autojen markkina on Suomessa hyvin marginaalista. Maahantuojilta saatujen tietojen mukaan myynnin edistämisen haasteina on sähköteknologian tuoma korkeampi investointihinta yhdistettynä dieselauton käyttökustannuksiin. Hybridikuorma-autojen käytön kannattavuutta voidaan kuitenkin perustella työympäristöihin, jossa auto liikkuu vaihtelevassa ympäristössä, jossa korkeuserojen ja runsaiden jarrutusten aiheuttama liike-energia voidaan ottaa tehokkaasti talteen.

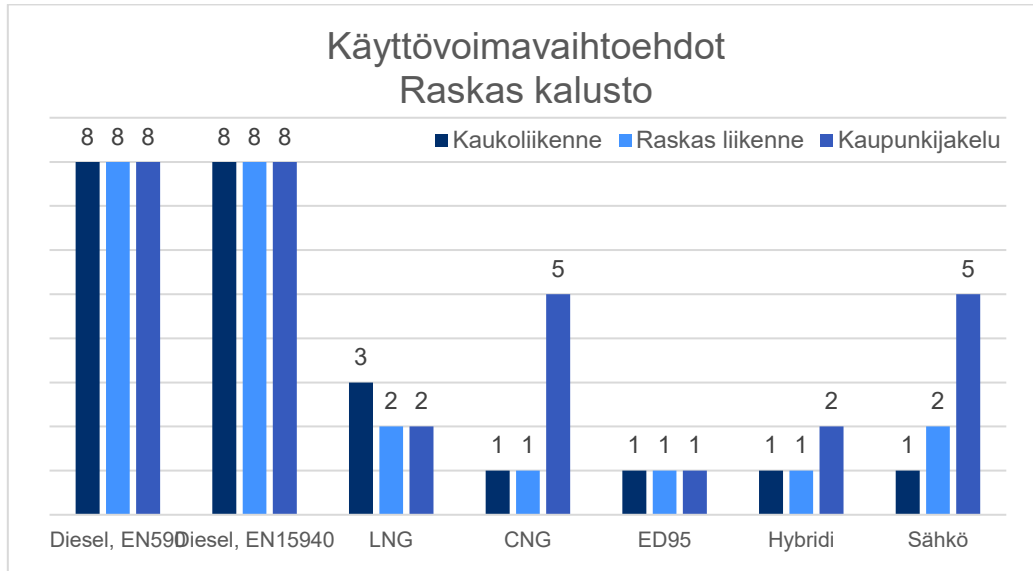
## 2.5.3 Nykyhetken markkinatilanne ja vaihtoehtoiset käyttövoimat

Kuva 24 osoittaa nykyhetken markkinatarjonnan raskaan kaluston eri kategorioissa tarjolla olevien käyttövoimien suhteen. Tarkastelussa on huomioitu kahdeksan eniten myydyin automerkin käyttövoimavaihtoehdot. Tällä hetkellä valtaosa myytävistä

kuorma-autoista perustuu käyttövoimaltaan dieselteknologiaan. Dieselmootoreihin perustuvat tuotteet muodostavat edelleen kuorma-automarkkinoiden ytimen ja dieselmoottorillisia kuorma-autoja tarjotaan kaikkiin tuotesegmentteihin myös tulevien vuosien aikana. Lisäksi on otettava huomioon, että raskaimpiin tai pitkäkestoisimpiin työsuoritteisiin tarkoitetut sovellukset myydään edelleen poikkeuksetta pelkästään dieselmootoreilla. Näihin kuuluvat kaukorahtiliikenne sekä metsäteollisuuden kuljetukset ja maansiirtoon tarkoitetut raskaan kaluston sovellukset. Kuorma-autojen kevyemmissä luokissa vaihtoehtoisten käyttövoimien määrä kuitenkin kasvaa. Esimerkiksi kevyempiin kaukoliikenneajoneuvoihin on tarjolla kiitettävästi kaasuvaihtoehtoja. Kaupunkijakelun piiriin tarkoitettuihin autoihin vuorostaan käyttövoimavaihtoehtoja on jo hyvin saatavilla ja esimerkiksi akkusähkökäyttöisten ja kaasuautojen tarjonta kasvaa tässä segmentissä runsaasti. Maahantuojien näkemyksen mukaan sähköajoneuvoilla on erityisen suuri markkinapotentiaali niissä ajoneuvosegmenteissä, joissa työpäivän aikana tehtävät yksittäiset ajotehtävät ovat lyhyitä ja tilanteissa, joissa tarvittava yhtäjaksoinen energiakulutus on maltillista. Tulevina vuosina kehityksen voidaan olettaa olevan melko nopeaa.

Muista kuorma-autovalmistajista poiketen Scania tarjoaa etanolilla toimivaa dieselmoottoria käytännössä kaikkiin valmistamiinsa kuorma-autoihin. Etanolikäyttöisten kuorma-autojen myynti on kuitenkin osoittautunut hankalaksi puutteellisen polttoainejakeluverkoston vuoksi. Vastaavia haasteita on tunnistettu muidenkin maahantuojien osalta vaihtoehtoisesta käyttövoimamuodosta riippumatta, sillä energian jakelu määrittää missä kutakin käyttövoimaa hyödyntävää sovellusta voidaan toimintasäteensä puolesta käyttää. Esimerkiksi LNG-jakeluverkosto painottuu pääväylien varteen, eikä polttoainetta ole tankattavissa näiden runkolinjojen ulkopuolella. Vastaavanlainen kynnyskysymys liittyy sähköajoneuvojen käyttöönottoon, sillä latausverkko on tällä hetkellä vasta valtaosin kehitysvaiheessa, eikä ajoneuvon käytönaikaista lataamista (ns. opportunity charging) voida suorittaa tarvittavassa laajuudessa, vaan on tukeuduttava lähinnä omiin varikkoihin.

**Kuva 24.** Kahdeksan Suomessa eniten myydyin automerkin käyttövoimavaihtoehdot (merkkien lukumäärä/käyttövoima).



## 2.5.4 Kuorma-automarkkinoiden teknologiakehitys

Maahantuojilla on yleisesti tiedossaan seuraavan 5 - 10 v aikana tapahtuva markkina-tarjonnan kehitys. Markkinoille on suunniteltu julkaistavan vuosien 2021 - 2025 väli-senä aikana runsaasti akkusähkö- ja vety-polttokeuhonoteknologiaan perustuvia kuorma-autoja. Kuva 25 esittää jo nyt tiedossa olevia julkaisu- ja käyttöönotto vuosia seuraavan vuosikymmenen aikana. Ajoneuvovalmistajat ovat hyvin perillä poliittisen ohjauksen aiheuttamista markkinamuutoksista, jonka vuoksi myös valmistajat ovat asettaneet kunniahimoisia kehityshankkeita kasvihuonekaasujen vähentämiseksi glo-baalilla tasolla. Erityisesti vetypolttokeuhonotarjonnan kasvamiseen liittyvät kehitystoi-met ovat kytköksissä polttokeuhonohenkilöautoja valmistavien yritysten hankkeisiin, joissa haetaan lisää käyttökohteita polttokeuhonovoimalaitteelle, kun henkilöautojen markkina ei ole kasvanut tavoitteiden mukaisesti, lähinnä puuttuvan vetyverkoston ta-kia.

Valtaosa merkittävimmistä kuorma-autovalmistajista on tunnistanut sähkökäyttöisten kuorma-autojen kysynnän kasvamisen. Sähkökäyttöisten kuorma-autojen tuotekehi-tykseen panostetaan tällä hetkellä valtavasti, ja käytännössä kaikkien tyypillisten kuorma-automerkkien tuoteportfoliota laajennetaan sähköajoneuvojen tarjonnan suun-taan. Varhaisimmat pilotointivaiheet ja piensarjat sähkökuorma-autoille ovat parhail-laan meneillään. Akkusähkökäyttöisten kuorma-autojen tarjonta keskittyy tällä hetkellä lähinnä kaupunkijakeluun. Lisäksi esimerkiksi Volvo ja IVECO tuovat markkinoille

akkusähkökäyttöisiä kuorma-autoja raskaampaankin käyttöön, kuten maansiirtoon, vuoden 2021 loppuun mennessä.

Polttockennoajoneuvot ovat sähköajoneuvoja, joissa varastoitu energia kuljetetaan mukana kemiallisessa muodossa (kaasumainen tai nesteytetty vety). Vety-polttockennoteknologiaa kehitetään laajasti niihin käyttötarkoituksiin, joita pelkkä suora sähköistys ei kykene palvelemaan. Vety-polttockenno tuottaa tasasähköä ajovoimalinjalle, minkä vuoksi se toimii hyvin akkujen rinnalla ns. range extender -moodissa. Vety-polttockennon potentiaali perustuu suurempaan energian siirto- ja varauskapasiteettiin akkusähköautoihin verrattuna. Tästä johtuen vety-polttockennoteknologiaa pyritään kehittämään lähinnä kauko- ja raskaan logistiikan sovelluksiin. Ensimmäiset vety-polttockennoteknologiaan perustuvat pilotoinnit ovat esimerkiksi Scanialla käynnissä. Merkittävimmät piensarjat vety-polttockennoautoille on suunniteltu lanseerattavaksi vuoteen 2025 mennessä. Nykyhetkellä vety-polttockennoteknologian suurin haaste on teknologian korkea tuotanto- ja hankintahinta.

**Kuva 25.** Tiedossa olevien sähkö- ja vety-polttockennoajoneuvojen julkaisu-aikataulu.

Suunnitteilla olevat akkusähkökuorma-autojen julkaisut										Merkki	Malli
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Suunniteltu julkaisu 2021										Iveco	BEV
Uusi sähkökuorma-autogeneraation julkaisu										MAN	BEV
BEV myynti alkaa		Suunniteltu julkaisu 2024								Mercedes-Benz	eActros
Suunniteltu julkaisu 2021										Tesla	Semi
Suunniteltu julkaisu 2021										Volvo	BEV

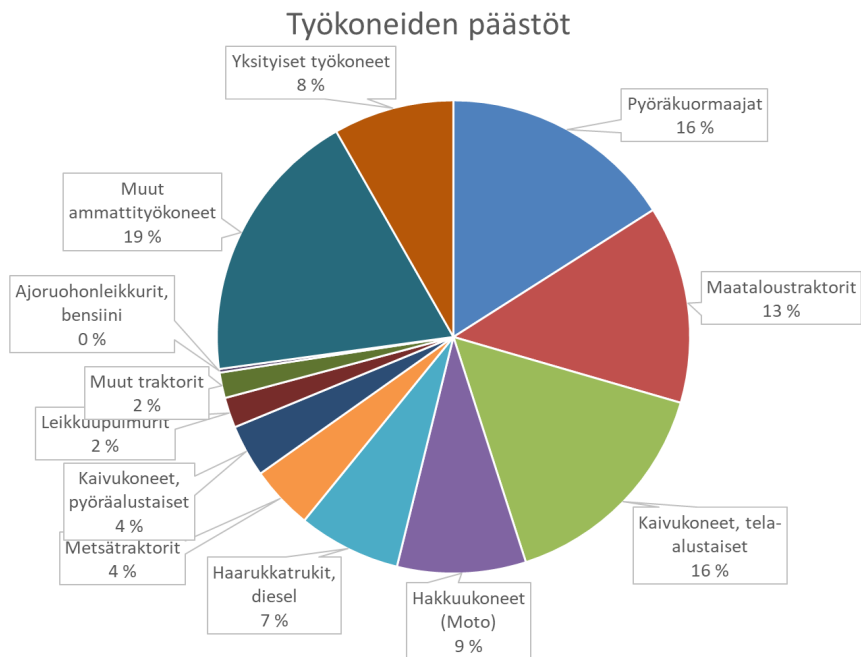
Suunnitteilla olevat vety-polttockenno-autojen julkaisut										Merkki	Malli
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Pilotointi										DAF/Toyota	H2
Pilotointi	Markkinoille 2022 - 2025									Hyundai	Xcient
Suunniteltu julkaisu 2023										Iveco	H2
Ensimmäiset pilotoinnit 2023/24										MAN	H2
Suunniteltu julkaisu 2023										Mercedes-Benz	GenH2
Suunniteltu julkaisu 2022										Quantron	Energon
Ei tietoa julkaisupäivästä										Scania	H2
Demokäytössä										Scania/ASKO	H2
Ei tiedossa										Volvo	H2



## 2.6 Työkoneet

Tämä kappale käsittää työkonesektorin markkinakatsauksen myynti- ja teknologiakehityksen näkökulmasta. Tietoja on kerätty tähän kappaleeseen Traficomien ensirekisteröintitaulukoista, VTT:n kehittämästä ja ylläpitämästä (Lipastoon kuuluvasta) TYKO-päästötietokannasta sekä teknisen kaupan liiton luovuttamista lähteistä sekä työko- nevalmistajien internetsivuihin perustuvista myynti, markkinointimateriaaleista ja uutis- tiedotteista. Kuva 26 esittää moottorikäyttöisten työkoneiden jakautumisen Suomessa konetyypin mukaan. Suurimmat päästöosuudet tulevat pyöräkuormaajista, maatalous- traktoreista ja kaivukoneista.

**Kuva 26.** Moottorikäyttöisten työkoneiden päästöjen jakautuminen Suomessa. Lähde: TYKO-malli.



### 2.6.1 Työkoneiden markkinatilanteen yleiskatsaus

Työkoneemarkkina on tieliikenne- ja ajoneuvosektoria huomattavasti moniulotteisempi. Työkoneiden tyypit ja kokoluokat ovat laajoja konekategorioiden sisällä ja kaluston käyttötehokkuudet (aktiiviset käyttäjä) vaihtelevat runsaasti käyttötarkoitusten mukaan. Tyypillisin käyttövoima Suomeen myydyissä työkoneissa on edelleen fossiilinen

moottoripolttoöljy tai diesel. Dieselkäyttöisten työkoneiden osuus työkoneiden kokonaisuhiilidioksidipäästöistä on n. 91,2 %, bensiinikäyttöisten n. 8,4 % ja kaasukäyttöisten vain 0,4 % taulukon 5 mukaisesti. Akkusähkökäyttövoimalla varustettujen työkoneiden markkina näyttää kuitenkin olevan, kuten liikennesektorilla, vahvassa nousussa. Lukuisilla työkonevalmistajilla on jo nyt tai lähitulevaisuuden suunnitelmissa lisätä akkusähkökoneiden tarjontaa ja myyntiosuutta. Työkoneissa käytettävän käyttövoiman määrittelee loppukädessä kuitenkin sen soveltuvuus kuhunkin käyttötarkoitukseen mihin työkone hankitaan sekä investointi ja käyttökustannukset. Esimerkiksi tyyppillisesti suurta keskitehoa käyttävät työkoneet ovat vaikeasti sähköistettävissä korkean energiakulutukset vuoksi, jonka myötä akkusähköteknologian käyttö näissä sovelluksissa ei yksinkertaisesti ole vielä realistista. Näissä tapauksissa dieselpolttoaineen tai vastaavan energiakäyttömuodon hyödyntäminen on välttämätöntä niin pitkään, kunnes vaihtoehtoisia käyttövoimia, kuten esimerkiksi vety-polttokennoratkaisuja saadaan kustannustehokkaaseen hintaan markkinoille ja näiden energiainfrastruktuuri on riittävästi ratkaistu tai olemassa.

**Taulukko 5.** Työkoneiden vuoden 2019 CO<sub>2</sub> päästöt käyttöenergian suhteen TYKO:n mukaan<sup>18</sup>.

Käyttövoima	CO <sub>2</sub> päästöt	
	t/a	Osuus (%)
Diesel yhteensä	2 222 305	91,2 %
Bensiini yhteensä	203 472	8,4 %
Kaasu yhteensä	9 720	0,4 %
Yhteensä	2 435 497	100,0 %

Työkoneiden rekisteröintitilastojen perusteella työkoneiden romutukset ja käyttöönotosta poistot ovat olleet kautta historian vähäisiä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että ikääntyneiden koneiden käyttöaste laskee iän myötä ja ne siirretään varakoneiksi tai kyseessä olevat koneet sijoitetaan pienempää käyttöastetta vaativiin olosuhteisiin. Tämä aiheuttaa haasteita aktiivisen konekannan määrittämisessä, sillä yksilöllisten koneiden käyttöasteiden arviointi voi vaihdella merkittävästi. Taulukko 6 erittelee Suomen kymmenen eniten hiilidioksidia päästävän työkoneityypin kokonaislukumäärät,

<sup>18</sup> <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>

vuotuisen myyntimäärän, uusiutumistahdin ja energiakulutuksen. Yhteensä nämä koneet tuottavat lähes 80% kansallisista työkoneiden kokonaispäästöistä. Esimerkiksi traktorikategorioiden sisältämät suuret yksikkömäärät ja näiden koneiden hidas uusiutumistahti selittyvät ainakin osittain sillä, että jo olemassa olevat ikääntyvät traktorit siirretään tyyppillisesti toissijaisiin tehtäviin aktiivien käyttöään jälkeen, eikä varsinaista rekisteröinnistä poistoa tai lopullista romutusta juurikaan esiinny.

**Taulukko 6.** Kymmenen eniten Suomessa päästävien työkoneiden kokonaismäärät, vuosimyyntitilastot sekä energiankulutukset vuoden 2019 TYKO:n mukaan<sup>19</sup>.

Koneryhmä	Lukumäärä	Vuotuisen myynti	Uusiutuu 5 vuodessa	Keskim. nimellisteho	Energia	CO2	Osuus
	kpl	kpl/a	%	kW	GWh/a	t/a	%
Pyöräkuormaajat	17 007	760	22	94	1 482	390 189	16
Maataloustraktorit	101 601	1 755	9	77	1 428	387 962	16
Kaivukoneet, tela-alustaiset	11 041	620	28	104	1 443	379 887	16
Hakkuukoneet (Moto)	2 422	470	97	151	815	214 747	9
Haarukkatrukit, diesel	5 045	230	23	88	650	171 263	7
Metsätraktorit	2 366	330	70	105	402	105 985	4
Kaivukoneet, pyöräalustaiset	2 912	260	45	88	331	87 194	4
Leikkuupuimurit	18 627	700	19	89	192	50 562	2
Muut traktorit	258 444	9	0	61	162	42 572	2
Ajoruhonleikkurit, bensiini	124 676	8 700	35	10	166	39 836	2

Kansallisten hiilidioksidin päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi työkonekannan uudistuminen on yllä esitetyn tilastotieteen valossa vaihtelevaa. Tavoitteisiin pääseminen on riippuvainen teknologiakehityksen tahdista, sillä saatavilla olevien vaihtoehtojen käyttövoimien ja niiden järjestelmäratkaisuiden markkinatilanne määrää lopulta työkonekannasta aiheutuneiden päästöjen kehittymisen. Työkoneperäisiä hiilidioksidipäästöjä voidaan yleisesti vähentää seuraavien menetelmin:

<sup>19</sup> <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>

1. Uudistamalla nykyinen työkonekalusto energiatehokkaampiin versioihin
2. Käyttämällä polttoaineita, joiden hiili-intensiteetti on pienempi
3. Vaihtamalla kokonaan vähähiilisempään käyttövoimaan

Työkoneiden teknologiakehitys on tällä hetkellä nopeaa ja vaihtoehtoisia käyttövoiman omaavia työkoneita saapuu markkinoille tasaiseen tahtiin. Markkinakehityksen ohjenuorana voidaan pitää, että pienemmät ja kevyemmät mobiilit koneet sähköistyvät ensisijaisesti. Lisäksi pienempiin työkoneisiin on esitelty joitakin vety-polttokeino-versioita pilotointi- ja piensarjatuotannon muodossa. Keskikokoisten koneiden segmentissä on havaittavissa vaihtoehtoisten polttoainekäyttöisten ja hybridikoneiden saatavuuden lisääntymistä. Raskaissa ja paljon työtä vaativissa mobiileissa koneissa sähköistyminen on hitainta ja näissä tapauksissa perinteiset käyttövoimamuodot näyttävät säilyvän markkinoilla hallitsevana teknologiana. Esimerkiksi trukkikategoriassa sähkö- ja kaasoversioita on hyvin saatavilla ja näiden investointi ja käyttökustannukset ovat jo varsin kilpailukykyisiä perinteisten käyttövoimien kanssa.

## 2.6.2 Työkoneiden käyttövoimavaihtoehdot

Tämä kappale käsittelee saatavilla olevien työkoneiden käyttövoimavaihtoehtoja eri käyttösovelluksissa. Kyseisen kappaleen aineisto on kerätty eri lähteistä, kuten valmistajien ja maahantuojien internetsivuilta, uutistiedotteista, julkaisuista sekä etujärjestöjen aineistoista. Markkinoilla olevat käyttövoimavaihtoehtoesimerkit ovat kerätty taulukkoon 7. Lisäksi taulukko 8 kuvaa tiedossa olevien eri valmistajien sähkö- ja polttokeinojen kehitysohjelmia.

Työkoneiden käyttövoimavaihtoehdot ovat liikennesektorin lailla lisääntyneen kysynnän vuoksi kasvamassa seuraavan vuosikymmenen aikana (Ala-Hiiri, J. 2020). Kuten aikaisemmin mainittu, erityisesti kevyempiin työmuotoihin suunnitellut työkoneet ottavat isoja kehitysaskelia sähköistymisen suuntaan. Täyssähkökoneiden lisäksi hybridivoimalinjat ovat selvästi yleistymässä niissä työkoneityypeissä joissa kokonaisvaltainen sähköistäminen ei ole mahdollista. Lisäksi kaasupolttoaineisiin perustuvia työkoneita kehitetään paraikaa niille markkina-alueille joihin suora sähköistys ei tällä hetkellä sovellu.

Akkusähkökäyttöisten koneiden lisääntymisen pullonkaula liittyy nykyhetkellä komponenttien saatavuuteen, suureen alku-investointiin sekä NRMM konetyypistä riippuen, lataushaasteisiin (Lajunen, A. et. al. 2016). Erääksi ratkaisuksi on hankalasti ladattaviin koneisiin esitetty erilaisia hybridiratkaisuita. Akkusähköön siirtyminen on tämän vuoksi tällä hetkellä realistisinta pienmuotoisissa rakennustyökoneissa joiden energiankulutus on maltillista, niiden lataus on helppoa ja nopeaa, tai niillä sektoreilla, jossa

omistajuuden kokonaiskustannuksen (total cost of ownership, TCO) kasvu nähdään vähemmän haitalliseksi verrattuna siihen, että jatketaan dieselkäyttövoiman käyttämistä.

Hybridit nähdään monella osa-alueella järkevänä ratkaisuna esimerkiksi työkoneissa, kuten niissä joiden hydrauliset toimilaitteet voidaan korvata sähkötoimilaitteilla ja työympäristössä missä nostellaan tavaraa, ja missä massojen alas-laskemisprosessissa regenerointi on mahdollista. Hybridityökoneiden teknologiaratkaisut ovat jaettu kahteen teknologiatyyppiin, sarja- ja rinnakkaiskonfiguraatioihin tai niiden yhdistelmään. Sarjakonfiguraatiossa polttomootoria käyteen ainoastaan akkujen lataamiseen ja työsuoritteeseen käytettävä energia puretaan suoraan akuilta toimilaitteille, jolloin moottorin käyttökuormitusta kyetään pitämään polttoainekulutuksen kannalta parhaalla toimita-alueella. Sarjahybridiratkaisut ovat työkoneissa nykypäivänä yleisempää energiatehokkuudestaan johtuen. Rinnakkaiskonfiguraatiossa puolestaan polttomoottori on sijoitettu sähkömoottorin rinnalle, jolloin moottorin tuottamaa työtä välitetään suoraan toimilaitteelle. Rinnakkaiskonfiguraatiot soveltuvat parhaiten työkoneille, kuten traktorisovelluksiin, joiden käyttökuorma on korkea ja operoivat vaihtelevilla kuormituksilla. (Lajunen, A. et. al. 2016) (Ratzinger, M. 2020)

Kaasupolttoaineita käyttävien työkoneiden tarjonta on ollut tähän asti suhteellisen suppeaa ja kaasumootoreita on tähän asti ollut myynnissä pääasiassa enimmäkseen trukkisovelluksiin. Markkinoilla on kuitenkin tällä hetkellä viitteitä kaasukäyttöisten työkonetarjonnan laajenemisesta mm. traktorisovelluksiin. Esimerkiksi Deutz-Fahr, Steyr, New Holland ja Valtra ovat jo lisänneet kaasutraktorimallit tuoteportfolioihinsa (Taulukko 7).

Työkoneiden uusiutumistahti on suurimmilla työkonesektoreilla suhteellisen hidasta. Lisäksi rekisteristä poistettujen työkoneiden määrän mukaan vanhojakin työkoneita on runsaasti edelleen käytössä. Tämä tarkoittaa sitä, että vaihtoehtoisia, uusiutuvia polttoainemuotoja tulisi hyödyntää näihin olemassa oleviin sovelluksiin työkoneperäisten hiilidioksidipäästöjen laskemiseksi. On huomioitava, että merkittävä osa jo olemassa olevasta dieselkalustosta kykenee operoimaan uusiutuvilla parafiinidieselpolttoöljyllä siitä huolimatta, etteivät valmistajat myyntiaikaan ole myöntänyt EN15940 (parafiini)polttoaineelle yhteensopivuustakeita. Fossiilisen moottoripolttoöljy korvaajaksi löytyy jo uusiutuvia parafiinisia ”drop-in” polttoaineita, kuten Nesteen HVO. Bensiinikäyttöisissä moottorisovelluksissa uusiutuvan polttoaineen käyttö aiheuttaa haasteita, sillä vastaavaa, suoraan näiden työkoneiden kanssa yhteensopivaa uusiutuvaa kustannustehokasta polttoainetta ei ole tällä hetkellä tarjolla. Korkeaseosetanolipolttoaineiden käyttäminen bensiinimoottorisovelluksissa olisi myös mahdollista, mutta bensiini- ja korkeaseosetanolipolttoaineiden ominaisuuksien eroavaisuuksien vuoksi polttoaineet eivät ole suoraan yhteensopivia keskenään.

Vety-polttokeuhkon teknologian kehitys ja saatavuus kulkee käsi kädessä liikennesektorille suunnattujen polttokeuhkon tuotteiden kanssa. Yksittäisiä vety-polttokeuhkon tuotteita on jo esitelty (esim. Traigo 80V Compact - Trukki), mutta yleisesti polttokeuhkon teknologian kehitys on kaupallisella tasolla vasta kehitysvaiheessa. Vety-polttokeuhkon teknologiassa on tästä huolimatta suuri potentiaali täydentämään sähköistysratkaisuja ja vaihtoehtoiseksi käyttövoimaksi dieselkäyttöisille työkoneille niillä sektoreilla, joiden työkonoiden energiankulutus on suurta ja suora sähköistys haastavaa.

**Taulukko 7.** Markkinoilla olevia vaihtoehtoisia käyttövoimavaihtoehtoja eri työkoneluokissa.

<b>Merkki</b>	<b>Malli</b>	<b>Tyyppi</b>	<b>Käyttövoima</b>
CAT	D6	Puskutraktori	Hybridi
CAT	988	Pyöräkuormaaja	Hybridi
CAT	307,5/310 Z-line	Kaivukone, 10 tn	Täyssähkö
CAT	320 Z-line	Kaivukone, 20 tn	Täyssähkö
Deutz-Fahr	G2.2/G2.9	Maataloustraktori	Kaasu
JBC	19C-1 ETEC	Minikaivukone, 1.9tn	Sähkö
JBC	HTF-5E	Dumpperi, 0.6 tn	Sähkö
JBC	TLT 30-19E	Teletrukki, 3 tn	Sähkö
JBC	TLT 35-22E	Teletrukki, 3.5 tn	Sähkö
JBC	525-60E	Kurottaja, 2.5 tn	Sähkö
Kalmar	Fastcharge	Konttilukki	Sähkö
Kalmar	Hybridikonttilukki	Konttilukki	Hybridi
Kalmar	Sähkötrukit	9-18 tn	Sähkö
Kalmar	Sähkötrukit	5 - 9 tn	Sähkö
Kalmar	Ottawa	Terminaalitraktori, USA	Sähkö
Kalmar	Ottawa Electric T2E	Terminaalitraktori, USA	Sähkö
Komatsu	HB365LC	Kaivukone, 36 tn	Hybridi
Komatsu	HB365NLC-3	Kaivukone, 36 tn	Hybridi
Komatsu	HB215LC	Kaivukone, 23 tn	Hybridi
Kramer	5055e	Pyöräkuormaaja, 4 tn	Sähkö
New Holland	T6.180 (FTP)	Maataloustraktori	Kaasu
Steyr	Eri mallit (FTP)	Maataloustraktori	Kaasu
Valtra	N103.4, N113 & N123	Maataloustraktori	Dual/fuel kaasu
Volvo	L25	sähkö puskutraktori	Sähkö
Volvo	ECR25 Electric	Telakaivuri, 2.7tn	Sähkö

**Taulukko 8.** Tiedossa olevat sähkö ja vety-polttokeinojen kehitysohjelmat.

Merkki	Malli	Tyyppi	Käyttövoima
CAT		Pyöräkuormaaja	Sähkö
Deutz-Fahr	E-DEUTZ ohjelma	Voimalinjakokonaisuus	Hybridi ja sähkö
Doosan		Kaivinkone	Sähkö
Doosan		Kaivinkone	Sähkö
Fendt	Project Xaver	Robottiharvesteri	Sähkö
Fendt	X Concept	Vario 700 hybriditraktori	Hybridi
Fendt	e100 Vario	Maataloustraktori	Sähkö
John Deere	Sesam	Maataloustraktori	Sähkö
Kalmar		Terminaalitraktori, EU	Sähkö

### 2.6.3 Sähkötyökoneiden markkinapotentiaali

Työkoneiden sähköistyminen on jo alkanut pienemmistä, yleensä käsissä pidettävistä koneista ja erilaisista keveistä (henkilö)nostimista. Sähköistymistä tukee mm. rakentamisen toimialalla yleistynyt ja yhä yleistävä trendi käyttää vuokrakoneita, jolloin investointisykli on yleensä lyhyempi (kone käytetään ”loppuun” nopeammin) ja koneen käyttökustannukset ovat pienemmät kuin dieseliä käytettäessä. Isojen ja raskaiden koneiden energian tarve on kuitenkin niin suuri, että niiden sähköistäminen akkuun varastoidulla sähköllä ei ole vielä mahdollista. Lisäksi monet koneet, esimerkkinä metsäkoneet ja traktorit, toimivat maasto-olosuhteissa, joissa niihin ei ole järjestettävissä latausvirtaa. Toisaalta on paljon toimintoja, joissa raskaita koneita toimii verrattain rajatulla ja jopa osittain suljetulla alueella, kuten mm. kaivokset ja vastaavat tai tehdasalueiden sisäiset materiaalsiirrot, joissa pikalatauksella voitaisiin pitää koneita liikkeellä, koska ne eivät aja kovin kauas. Myös satamat voisivat hyödyntää sähkökäyttöisiä työkoneita, ja osa mm. konttinoistureista ja vastaavista on jo nyt diesel-sähkö -hybridejä, koska niiden työnkulkuun kuuluu paljon operaatioita, joissa taakkaa nostetaan ja lasketaan, jolloin sähkökäytöllä voidaan ottaa talteen potentiaalienergian negatiivinen muutos.

VTT:n vuonna 2020 suorittamassa tutkimushankkeessa P2Move tehtiin markkinatutkimusta sähkö- ja hybridityökoneista eri työympäristöissä riippuen koneiden teholuokista tai liikuteltavuudesta. Selvityksessä huomioitiin työkoneympäristön olosuh-

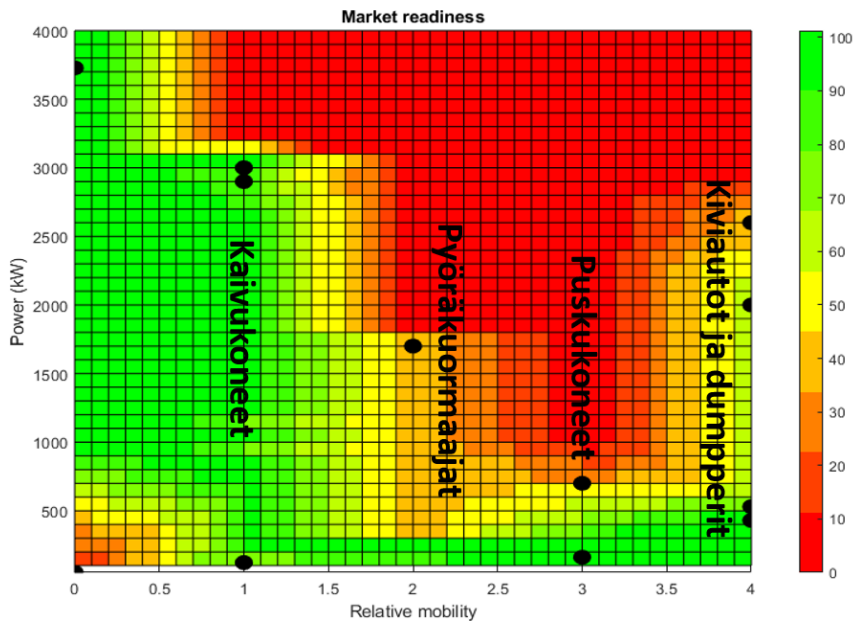
teet, teknologioiden saatavuus sekä työkoneiden käytettävyys annetussa ympäristössä. Kuva 27 esittää hankkeessa luotua esimerkkitapausta sähkökäyttöisten työkoneiden potentiaalista kaivosteollisuuden ympäristössä. Väriskaala kuvaa punaisesta väristä (sähköistettyjä ratkaisuja ei löydy markkinoilta) vihreään (sähköisiä ratkaisuja löytyy markkinoilta) sähköistämisen markkinavalmiuden suhteessa työtehtävän tehontarpeeseen sekä laitteiden liikuteltavuuteen (relative mobility). Liikkuvuus kuvaa tässä tapauksessa laitteita, joiden ei tarvitse lainkaan liikkua (relative mobility = 0), ja runsaasti liikkuvat ajoneuvot (relative mobility = 4). Kuva 27 tulokset osoittavat, että kaivosteollisuudessa suurtehoisten koneiden, kuten poralaitteiden ja köysikaivukoneiden sähköistettyjen ratkaisujen saatavuus on tällä hetkellä hyvä. Mitä suurempi vaatimus koneella on liikkua, sitä pienempi sähköistetty teholuokka on tällä hetkellä (pyöräkuormaajat, puskukoneet). Lopulta suurtehoisten ja raskaiden koneiden osalta, kuten kivi-autojen ja dumpperien osalta sähköistäminen on kannattavaa, sillä tässä sektorissa energiankulutus on selvästi suurinta. Näiden osalta löytyykin runsaasti hybridiversioita raskaammissa luokissa, ja pienemmät koneet ovat muiden matalatehoisten koneiden lailla täysin sähköistettävissä. Osa suurimmista koneista on sähköistettävissä ajolan-

Kuva 28 havainnollistaa työkoneiden sähköistettyjen ratkaisujen markkinasaatavuutta metsäkoneiden kategoriassa. Kaivosteollisuuteen verrattuna metsäkoneilta vaaditaan lähes poikkeuksetta enemmän liikkumista vaihtuvan työympäristön ja työskentelyluonteen johdosta. Toisaalta vaaditut tehot ovat kaivosteollisuutta merkittävästi matalammat. Metsäolosuhteet aiheuttavat haasteita sähkön jakeluun, joka asettaa rajoitteita täyssähköisten koneiden soveltamiseen. Metsäkoneista matalatehoisimmat segmentit olisivat sähköistettävissä läpi työkoneskaalan. Työluonteen ja olosuhteiden vuoksi koneiden hybridisointi voidaan nähdä potentiaalisimmaksi ratkaisuksi suurempien ja yleisimpien työkoneiden osalta. Näihin kategorioihin kuuluvat harvesterit, pyöräkuormaimet, kuormatraktorit ja niin edelleen.

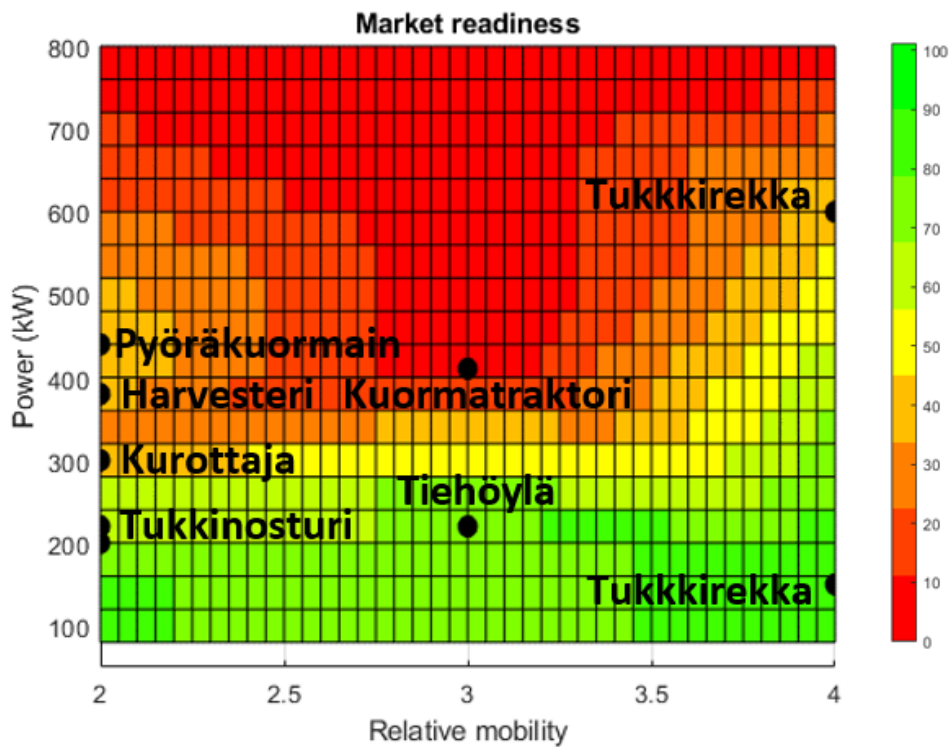
Tehtyjen analyysien perusteella voidaan todeta, että tällä hetkellä sähköistettyjen ratkaisujen tarjonta on suurinta joko korkeissa teholuokissa, joiden liikuteltavuus on pientä, tai vastaavasti pienemmissä teholuokissa joissa liikuteltavuus on suurta.



**Kuva 27.** Sähköistettyjen ratkaisujen saatavuus kaivosympäristössä

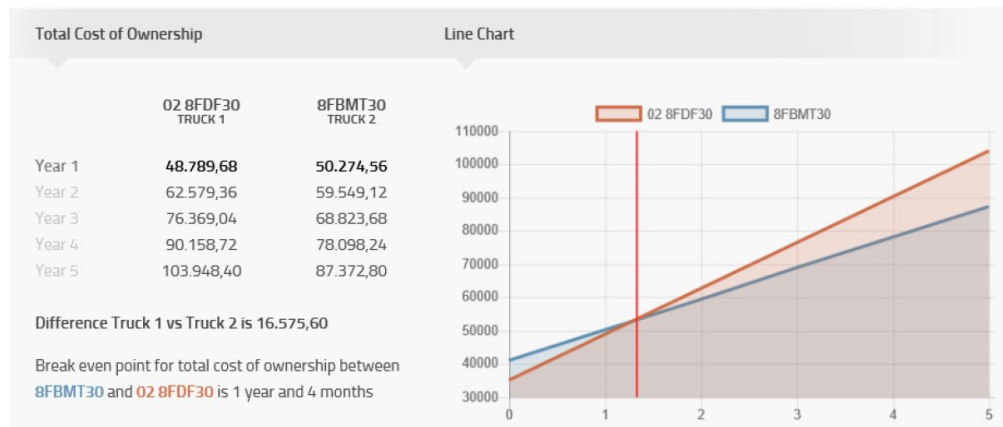


**Kuva 28.** Metsäkoneiden sähköistettyjen ratkaisujen saatavuus



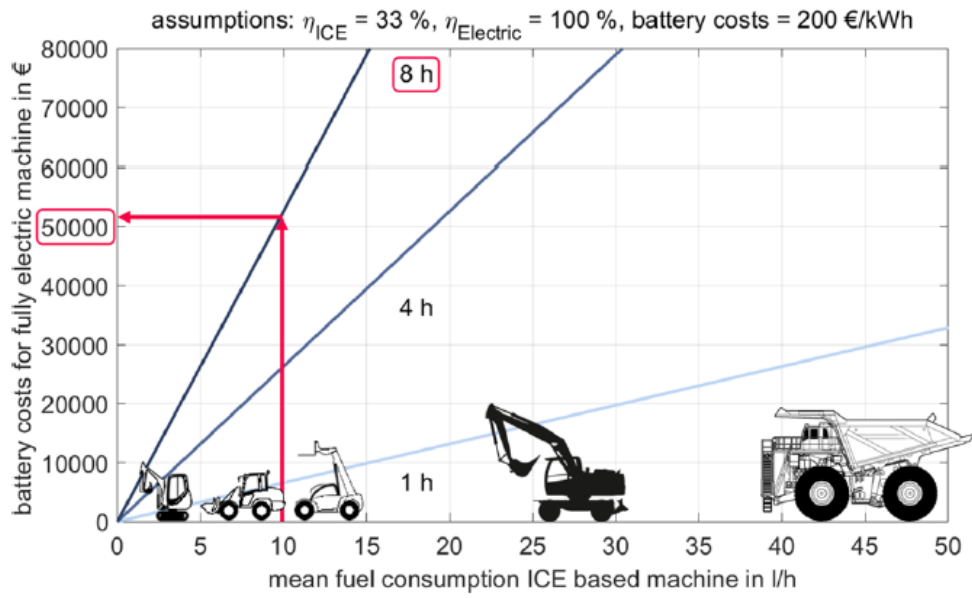
Markkinoilla olevat sähkötyökoneet ovat esimerkiksi trukkikategoriassa osoittautuneet olevan käyttökustannusten ja tehokkuuden puolesta erinomainen käyttövoimamuoto. Alla oleva esimerkki (Kuva 29) osoittaa n. 3 tn nostokyvyllä olevan vastapainotrukin vuosittaisia käyttökustannuksia sekä sähkö- että dieselkäyttöisen koneen osalta silloin, kun vuosittaiset käyttötunnit ovat 1000h/vuosi. Sähkötrukin investointikustannus on alkuun dieselversiota korkeampi, mutta matalampien käyttö ja huoltokustannusten johdosta kokonaiskustannusten erot ovat kurottu kiinni alle 1½ vuodessa. Lisäksi viiden vuoden tarkasteluajalla sähkötrukin käytöstä aiheutuneet säästöt ovat 15 t€ luokkaa. (Ala-Hiiri, J. 2020)

**Kuva 29.** Sähkö ja dieselkäyttöisten trukkien käyttökustannusvertailu (Ala-Hiiri, J. 2020).



Täyssähköisten koneiden korkeampi hankintahinta perustuu akkujen valmistuksen kustannuksiin. Tämän vuoksi työkonien hankintatilanteessa olisi arvioitava työkonien käyttötarkoituksen perusteella akkukoneen hankinnan kannattavuutta. Erityisesti koneet, joiden työmäärä ja keskiteho ovat korkeat, ja joiden työskentelyjaksot ovat työvuoron aikana pitkiä, vaativat suuren määrän energiaa varastoitavaksi, jotta vaaditut työt saadaan suoritettua. Kuva 30 osoittaa tarvittavien akkujen hinnan suhteessa korvattavan dieselmoottorilla toimivan koneen kulutuksen suhteen. Apuviivat kuvaavat päivittäisen työkonien käyttömäärää. Esimerkiksi 10l/h kuluttavan koneen korvaamiseksi vaaditaan sähkötyökoneelta akkuja, joiden hinta kiipeää 50 000 € suuruuteen, mikäli konetta tarvitaan 8h koko työpäivän aikana. Vastaavasti jos konetta käytetään 1h päivässä, akkujen hinnaksi muodostuu n. 8 000 €. Akkujen hinnat ovat laskettu arvolla 200 €/kWh ja dieselmoottorillisen koneen hyötysuhteella 33%. (Ratzinger, M. et al. 2020)

**Kuva 30.** (Ratzinger, M. et al 2020) Dieselmootorisovelluksen korvaavan sähkökoneen akkujen hinta riippuen keskimääräisestä korvattavan kohteen polttoainekulutuksesta



## 3 Tilastollinen analyysi tämän hetken tilanteesta

### 3.1 Yleistä

#### 3.1.1 Autojen lukumäärät

##### Ajoneuvojen jako eri käyttöluokkiin

Tutkimuksen lähtöaineistona käytettiin Liikenne- ja viestintäviraston Traficomien Manner-Suomen liikenneasioiden rekisteriin katsastusten yhteydessä 30.9.2020 mennessä tallennettuja ajoneuvotietoja.

Kun jaottelemme autoja niiden eri käyttöluokkiin, auton rakenteeseen liittyvien ehtojen – esimerkiksi istuma- ja seisomapaikkojen määrä linja-autossa tai kuormakorityyppi kuorma-autossa – odotetaan säilyvän vakioina. Sen sijaan ajoneuvon omistaja/haltija ja ajoneuvon käyttö voi muuttua ajan myötä ja otetaan huomioon luokittelussa. Toimialan määrittelyssä ajoneuvon haltijayrityksen toimiala on esisijainen eli sitä käytetään, jos sellainen on ilmoitettu. Mikäli ajoneuvosta on tiedossa vain omistajayritys, on käytetty sitä.

##### Matkamittariaineisto

Komission direktiivi 2010/48/EU edellytti, että vuoden 2014 alusta alkaen ajoneuvon pakollisessa määräaikaikatsastuksessa tallennetaan ajoneuvon matkamittarilukemat katsastushetkellä. Manner-Suomessa mittarilukemat tallennetaan Traficomien liikenneasioiden rekisteriin ja matkamittarilukemat saadaan Tilastokeskukseen ajoneuvokanta-aineiston mukana neljännesvuosittain. Mittarilukematietoja tarkasteltiin henkilö-, paketti-, kuorma- sekä linja-autojen osalta.

Mittarilukematietojen käytön haaste on niiden kirjaamisessa syntyvät virheet. Mittarilukemien tyypillisiä virheitä, joita pyrittiin mahdollisuuksien mukaan korjaamaan, olivat esimerkiksi (lukuarvot peräkkäisten vuosien ilmoituksia):

- Ensimmäinen vuosi on merkitty nollassa, vaikkei ajohistoria tue tätä (tuonti-auto?): 0, 234143, 239923
- Ajokilometrit on merkitty tuhansina kilometreinä: 121114, 126, 133334

- Ajokilometrit on merkitty satoinatuhansina kilometreinä: 317553, 3, 349070
- Ajokilometreihin on kirjattu mukaan desimaalinumero: 353181, 3544679
- Ajokilometrien loppuun tullut useampia desimaalinumeroja: 236307, 247231, 25507250
- Mittarilukema puuttuu jonain vuonna ja on merkitty nolaksi: 237424, 0, 251916
- Ensimmäisen vuoden ajokilometrit on kirjattu väärin: 27096, 292000, 303891
- Ajokilometrien alusta on jäänyt numero pois: 152490, 54674, 155039
- Yksittäinen numero on kirjattu väärin ajokilometreihin (ei arvatunkaan näy, ellei ensimmäinen numero): 796135, 850883, 320762, 978999
- Ylimääräinen 10 kilometrilukeman edessä: 45441, 1060537, 74471, 93526
- Volkswagenin mittarin nollautuminen 300 000 kilometrin jälkeen?: 296323, 298444, 298444, 0, 11308, 211310 (ensimmäinen numero korjattu väärin kaksoseksi kolmosen sijaan?)
- Todennäköisen tuontiauton matkamittaria on ruuvattu alaspäin?: 0, 801546, 807139, 515415
- Miljoonan kilometrin ylitys on jätetty kirjaamatta: 991968, 25456, 58977, 97577, 1126204

Ajokilometrien korjaaminen ei ole yksiselitteistä työtä. Esimerkiksi alla olevassa esimerkissä voisi kilometrejä korjata kahdella eri tavoin. Jos kyseessä olisi henkilöauto niin vaihtoehdon 1 ajokilometrit olisivat todennäköisempiä. Tätä vastaan on se seikka, että vuosien 2017 ja 2018 välillä ajokilometrien määrä laskisi. Koska kyseessä on kuorma-auto, on päädytty vaihtoehdon 2 mukaisiin ajokilometreihin.

**Taulukko 9.** Esimerkki ajoneuvon matkamittarilukemien korjaamisen haastavuudesta.

vuosi	alkuperäinen	korjaus 1	korjaus 2
2014	997 964	99 796	997 964
2015	1 110 313	111 031	1 110 313
2016	136 353	136 353	1 136 353
2017	46 851	146 851	1 146 851
2018	1 353 424	135 342	1 353 424
2019	172 945	172 945	1 729 450

Korjaustoimenpiteistä huolimatta aineistoon jäi silti lukuisa määrä yli 1 000 000 kilometrin vuotuisia (katsastuksen välisiä) ajosuoritemuutoksia. Nämä kohdistuivat lähinnä kahdelle viimeiselle vuodelle 2019 ja 2020, joista ei voitu muodostaa trenditietoa ja siten arvioida todennäköistä oikeaa kilometrilukemaa. Mahdollisten mittausvirheiden korjaamiseksi ajoneuvoluokittain suurin yksi/kaksi prosenttia ajosuoritteista leikattiin pois ja korvattiin 98/99% arvoilla. Nämä vuotuisen ajosuoritteen maksimiarvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

**Taulukko 10.** Maksimaalinen vuotuinen ajosuorite, johon tätä suuremmat havainnot on tiputettu.

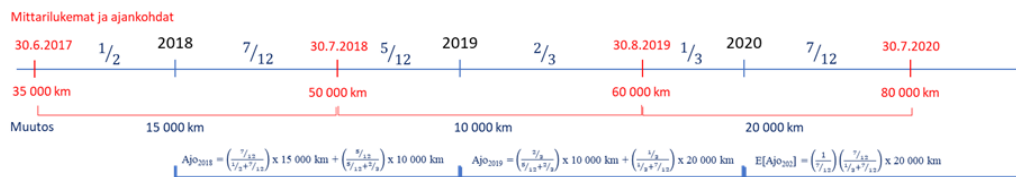
Henkilöautot	99% km	Kuorma-autot	98% km
Taksit	167 880	Jätteenkeräys	83 597
Yritysten/kaupunkien omistamat (työajo)	56 648	Kaukoliikenne	174 523
Vuokra-autot	60 370	Kaupunkijakelu	174 532
Yksityisleasing	53 307	Kunnossapito	86 931
Yksityisautot	44 197	Maa-aineskuljetukset	125 987
Yritysleasing	65 635	Maakuntajakelu	297 473
Pakettiautot	99% km	Puutavarakuljetukset	332 085
Kaupunkijakelu	64 533	Linja-autot	98% km
Rahti	92 013	Kaupunkiliikenne	159 603
Huolto- ym. työajo	54 480	Reittiliikenne	302 169
Vuokra-autot	61 001	Syöttöliikenne	84 433
		Tilausliikenne	97 309
		Yksityiset linja-autot (ei lupaa)	75 956

## Vuotuisen ajomäärän arviointi

Mittarilukemien korjaaminen oli tärkeää, koska olimme kiinnostuneita vuotuisista ajosuoritteista eri ajoneuvoluokissa. Muunsimme mittarilukemien havainnot vuotuisiksi ajomääräksi olettamalla, että ajaminen jakautuu tasaisesti mittarien lukemisen väliselle ajanjaksolle (Kuva 32). Oletus ei pidä paikkaansa vuoden 2020 osalta keväällä alkaneen koronapandemian takia: voidaan olettaa, että esimerkiksi taksien ajosuoritteet

ovat pienemmät ja kaupunkijakelun puolestaan suuremmat kuin mitä laskentatavan antamat kilometrimäärät osoittavat.

**Kuva 31.** Matkamittarilukemien muuttaminen vuotuisiksi ajosuoritteiksi mittarilukeman ja mittausajakohdan perusteella.



Käytetty laskentamenetelmä on esitetty yllä olevassa kuvassa. Kuvan lukujen perusteella vuotuisen ajomäärien arvioidaan olevan 11 923 km vuonna 2018, 13 427 km vuonna 2019 ja 21 818 km vuonna 2020.

Mikäli ajoneuvo on katsastettava vuosittain, niin vuonna 2019 ensirekisteröityjen autojen osalta on huomattava, että katsastus tapahtuu ennen kuin varsinaista ajoa on tullut täyteen kokonaista vuotta. Ensirekisteröintipäivämääristä laskettuna keskimääräinen ajoaika tällaisilla ajoneuvoilla on ollut 345 vuorokautta: arvioimme keskimääräisen vuotuisen ajomäärän olevan matkamittarilukema kerrottuna arvolla  $365/345 = 1,06$ .

Käyttämämme Liikenne- ja viestintäviraston Traficommin lähtöaineisto alkaa vuodesta 2013. Kun seuraamme vuotuisia mittarilukeman muutoksia, emme voi olla varmoja ensimmäisen havainnon luotettavuudesta, so. kuinka monen vuoden muutosta 2013 havainto kuvaa ja alkaako se nolasta vai jostain aiemmasta arvosta. Näin ollen ensimmäinen datapari, jonka pohjalta voimme arvioida vuotuista ajomäärää, ovat havainnot vuosilta 2014 ja 2015. Kuten yllä olevasta kuvasta havaitaan, periytyy aiemman vuoden havainto seuraavan vuoden ajosuoritteiden laskentaan: vuoden 2017 mittarilukemaa käytetään vuoden 2018 ajosuoritteiden laskennassa. Näin ollen ensimmäiset luotettavat arviot vuotuisesta ajosuoritteesta alkavat laskentamenetelmästäme johtuen vasta vuodesta 2015.

## Aineiston kattavuus

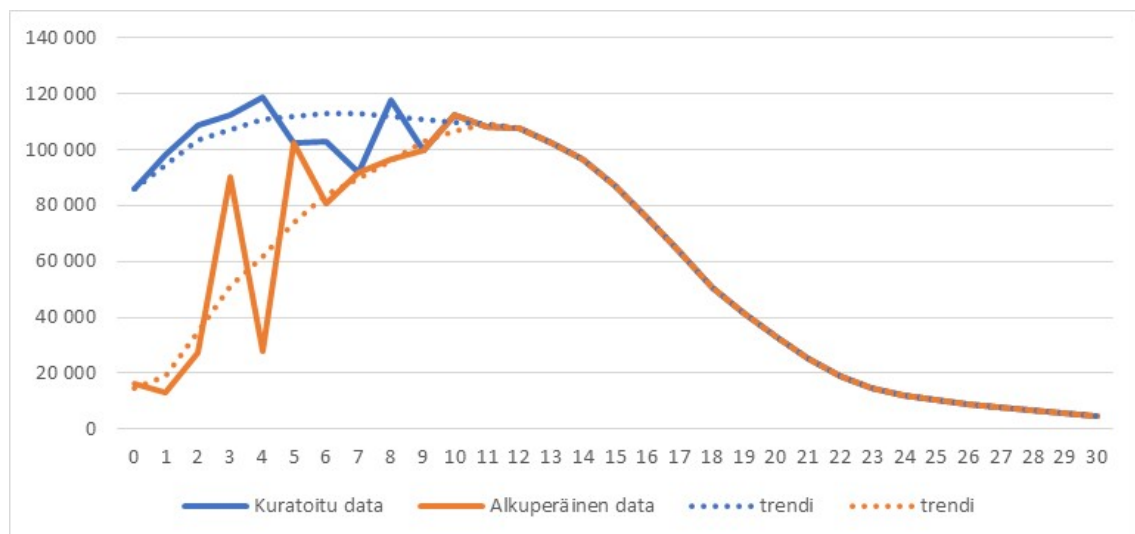
Käyttöönottovuosittain tarkasteltaessa aineiston kattavuudessa on eroja autoluokkien välillä, mikä johtuu katsastuslainsäädännöstä. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot ja linja-autot tulee katsastaa vuosittain, mutta katsastuspakko ei koske uusia henkilö- ja pakettiautoja. Luvanvaraisessa (taksi)liikenteessä olevat autot on kuitenkin katsastettava vuosittain.

Henkilö- ja pakettiautojen määräaikaikatsastusväli harveni 20.5.2018 voimaan tulleen sääntelyn myötä: Ajoneuvot siirtyvät uuden sääntelyn mukaisiin käytäntöihin, kun ne on ensimmäisen kerran katsastettu uuden sääntelyn aikana. Auto on katsastettava ensimmäisen kerran viimeistään 4 vuoden kuluttua ajoneuvon käyttöönottopäivästä. Sen jälkeen viimeistään 2 vuoden kuluttua edellisestä katsastuksesta. Aiemman käytännön mukaan alle kolmen vuoden ikäisiä henkilö- ja pakettiautoja sekä neljän vuoden ikäisiä henkilöautoja ei tarvinnut katsastaa.

Arvioidessamme liikenteessä olevien henkilö- ja pakettiautojen määrää – pois lukien vuokra-autot ja taksit – seuraamme vuosina 2019 ja 2020 korkeintaan neljä sekä kuusi ja kahdeksan vuotta vanhojen henkilö- ja pakettiautojen osalta ensirekisteröintien määrää ja tätä aiempina vuosina alle kolmen vuoden ikäisten henkilö- ja pakettiautojen sekä neljän vuoden ikäisten henkilöautojen osalta ensirekisteröintien määrää katsastuslukumäärien sijaan. Vuoden 2020 osalta huomioimme lisäksi sen, että tietomme käsittävät syyskuun lopun tilanteen eli vuodesta on katettuna 75 prosenttia.

Kuva 33 kuvaa lähestymistapamme vaikutusta laskennassa mukana olevien yksityisautojen kohdalla. Oranssi yhtenäinen viiva kuvaa todellisia keskimääräisiä yksityisautojen matkamittarilukemahavaintoja vuosina 2013 – 2020 ajoneuvon iän mukaan luokiteltuna. Sininen yhtenäinen viiva kuvaa edellä esitetyllä tavalla ensirekisteröintien mukaan arvioitua liikenteessä olevien ajoneuvojen lukumäärää.

**Kuva 32.** Laskennassa mukana olevien yksityisautojen lukumäärä keskimäärin vuosina 2013 – 2020 ajoneuvon iän mukaan luokiteltuna: oranssi yhtenäinen viiva kuvaa todellisia matkamittarilukemien havaintoja, sininen ensirekisteröintien perusteella arvioitua liikenteessä olevien ajoneuvojen lukumäärää.





Vuokra- ja leasingautojen osalta oletetaan, että vaikka niihin pätevät samat katsastussäännöt kuin normaaleihin yksityisautoihin, niin ne saattavat siirtyä muuhun käyttöön aikaisemmin kuin mitä yllä kuvattu laskentasääntö vaatii, ja emme siten ota huomioon vanhimpia ensirekisteröinnin mukaisia vuosia autojen lukumäärän arvioinnissa. Vuokra- ja yritysleasingautojen osalta otamme huomioon kolmen ja yksityisleasingautojen osalta viiden ensimmäisen vuoden ensirekisteröintimäärät niiden lukumäärää arvioitaessa.

Muiden kuin em. yritysten hallinnoimien henkilöautojen osalta oletamme niiden lukumäärien seuraavan samaa ensirekisteröintien ja katsastustietojen välistä suhdelukua kuin yksityisissä henkilöautoissa: esimerkiksi kun meillä oli vuonna 2015 yksityishenkilön ensirekisteröimiä henkilöautoja 101 225 kpl ja näistä on mittarilukematieto 21 921 autosta vuodelta 2019 eli noin 22 %:sta ensirekisteröityjä autoja, niin oletamme, että koska meillä on vuonna 2015 ensirekisteröidyistä yritysten hallinnoimista henkilöautoista mittarilukematieto 9 337 autosta, niin kyseisiä autoja on liikenteessä 43 166 kappaletta. Teemme vastaavan arvioinnin kaikille (uusimmille) ensirekisteröinti- ja katsastusvuosille.

### 3.1.2 Henkilö- ja pakettiautojen polttoaineen normi- vs todellinen kulutus

#### Kulutus- ja päästömittausnormit

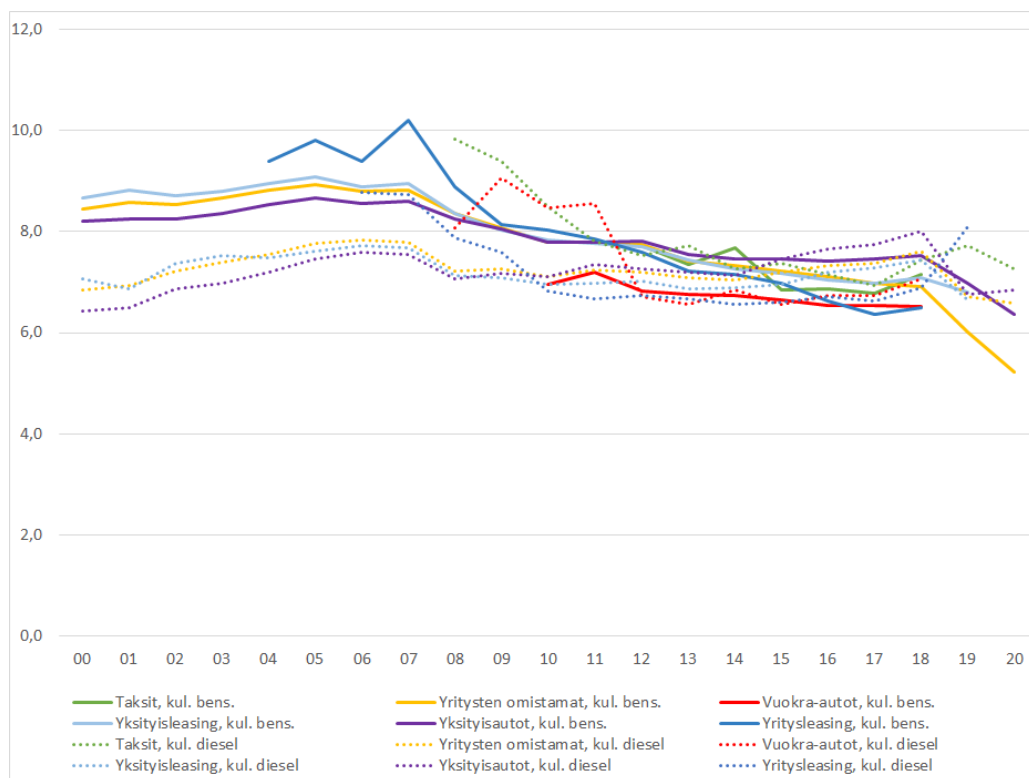
EU-kulutussykleillä (New European Driving Cycle, NEDC) pyritään jäljittelemään kaupunki- ja maantieajoa. EU-yhdistetty kulutus on sekalaista ajoa kuvaava kaupunki- ja maantieajokulutusten yhdistelmä. Koska ajosykli ovat eripituiset, luvuista ei lasketa keskiarvoa vaan ajosyklien pituuden mukaan painotettu kulutusten keskiarvo. Kaupunkikulutuksen painokerroin on siten 36,81 % ja maantiekulutuksen 63,19 %. Pakettiautojen päästö- ja polttoaineenkulutusmittauksissa (direktiivi 2004/3/EC) käytetään samaa EU-kulutussykliä kuin henkilöautoilla. Kuorma- ja linja-autoille ei ole olemassa virallisia ajosyklejä kulutusmittauksia varten. Sen vuoksi raskaalle kalustolle ei ole saatavissa vertailukelpoisia l/100 km -lukemia.

NECD-normi korvattiin tyyppihyväksynnässä WLTP-normilla (Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure) uusissa automalleissa 1.9.2017 ja kaikissa ensirekisteröitävissä autoissa 1.9.2018 alkaen. WLTP-päästömittaus tähtää kevyen ajokaluksen päästömittausten todenmukaisuuden parantamiseen. Eroja todellisiin ajo-olosuhteisiin syntyy NEDC-normissa muun muassa siinä, että NEDC-syklin mukaan tehtävissä päästömittauksissa ei ole ajovaloja tai lisälaitteita käytössä.



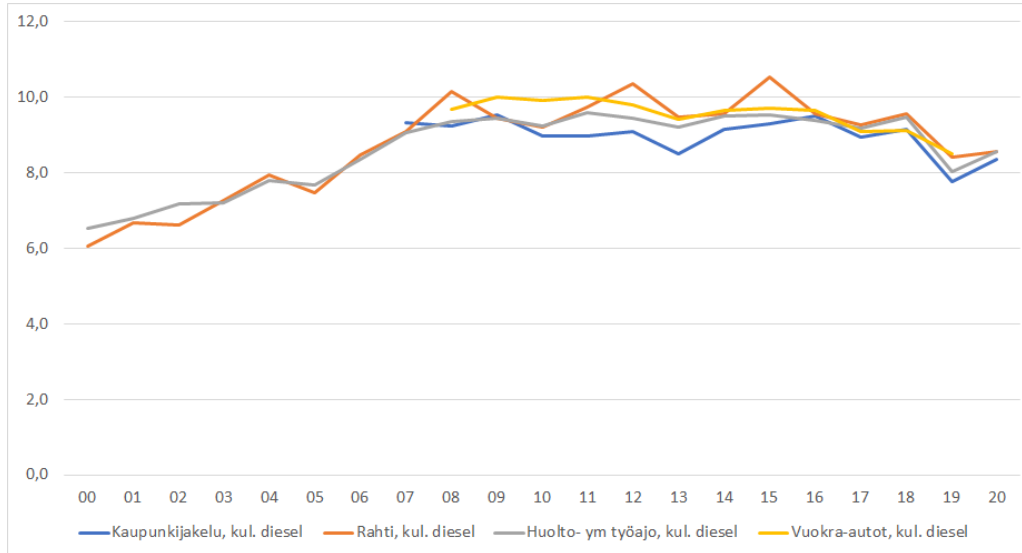
kulutuksia on esitetty alla olevassa kuvassa. Vanhempien autojen kohdalla on huomattava, että tarkastelu koskee vielä tällä hetkellä liikenteessä olevia autoja, joista on vähintään sata havaintoa – se ei siis kuvaa tuona vuonna liikenteeseen tulleiden autojen keskimääräistä polttoaineen kulutusta.

**Kuva 34.** Keskimääräinen bensiinin ja dieselin kulutus ensirekisteröintivuoden mukaan henkilöautoluokittain (tällä hetkellä liikenteessä olevat autot, väh. 100 havaintoa).



Vastaavia ensirekisteröintivuoden mukaisia pakettiautojen bensiinin ja dieselin keski-kulutuksia on esitetty alla (Kuva 36).

**Kuva 35.** Keskimääräinen bensiinin ja dieselin kulutus ensirekisteröintivuoden mukaan pakettiautoluokittain (tällä hetkellä liikenteessä olevat autot, väh. 100 havaintoa).



Tarkemmat arviot eri autojen ja niiden alaluokkien keskimääräisestä polttoaineen kulutuksesta ja CO<sub>2</sub>-päästöistä esitetään seuraavissa kutakin ajoneuvotyyppiä tarkemmin käsiteltyissä luvuissa.

## 3.2 Henkilöautot

### 3.2.1 Henkilöautojen luokittelu ja lukumäärät

Henkilöautojen käyttö on jaoteltu tarkastelussa kuuteen eri käyttöluokkaan: normaaleihin yksityisautoihin, yritysten ja yksityisten leasingautoihin, yritysten ja muiden organisaatioiden omistamiin autoihin, vuokra-autoihin sekä takseihin. Luvanvaraisista henkilöautoista valtaosaa käytetään takseina, mitä on käytetty luokittelukriteerinä. Leasingautojen omistajien oletetaan kuuluvan toimialoille 45, Moottoriajoneuvojen ja moottori- pyörien tukku- ja vähittäiskauppa sekä korjaus tai 77, Vuokraus- ja leasingtoiminta. Nämä toimialat kattavat suurimman osan leasing-toimintaa harjoittavista yrityksistä. Autojen haltijan mukaan ne on sitten jaettu joko yritysten tai yksityisten leasingautoiksi. Vuokra-autoihin on liitetty henkilöautot, joiden käytöksi on määriteltä 04, vuokraus ilman kuljettajaa.

**Taulukko 11.** Henkilöautojen luokittelu.

Määrittely	Luokka
Ajoneuvon käyttö 04, Vuokraus ilman kuljettajaa	Vuokra-autot
Ajoneuvon käyttö 02, Luvanvarainen (luvanvaraisista henkilöautoista valtaosaa käytetään taksissa)	Taksit
Omistajan TOL = 45, Moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien tukku- ja vähittäiskauppa sekä korjaus tai 77, Vuokraus- ja leasingtoiminta; ja haltijan Asiakaslaji. 2= yritys	Yritysleasing
Omistajan TOL = 45, Moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien tukku- ja vähittäiskauppa sekä korjaus tai 77, Vuokraus- ja leasingtoiminta; ja haltijan Asiakaslaji. 1= yksityinen	Yksityisleasing
Omistajuustyyppi: 2 = y-tunnus	Yritysten / kaupunkien omistamat (työajo)
Muut	Yksityinen

Henkilöautojen lukumäärät eri käyttöluokissa ja niiden kehitys vuosina 2015 – 2020 on esitetty alla olevassa taulukossa. Ylivoimaisesti suurin ryhmä on yksityishenkilöiden omistamat autot. Autojen kokonaismäärä, noin 2,7 miljoonaa kpl vastaa ”liikennekäytössä olevat ajoneuvot” –tilaston arvoja (kts. luku 3.7, Vertailu virallisiin tilastoihin).

**Taulukko 12.** Henkilöautojen lukumäärät eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Taksit	10 789	10 793	10 829	11 954	12 380	12 208
Yritysten/kaupunkien omistamat (työajo)	373 169	426 428	436 745	447 332	458 505	454 019
Vuokra-autot	14 877	16 116	18 040	20 105	21 996	25 804
Yksityisleasing	63 186	64 605	65 555	64 823	58 094	61 959
Yksityisautot	2 097 513	2 124 954	2 162 795	2 148 479	2 180 699	2 186 105
Yritysleasing	16 662	16 892	18 132	17 341	18 375	18 363
	2 576 196	2 659 788	2 712 096	2 710 034	2 750 049	2 758 458

## 3.2.2 Henkilöautojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt

### Keskimääräinen ajosuorite

Henkilöautojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 13). Suurin keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on takseissa, noin 60-65 tkm vuodessa. Muilla henkilöautoilla ajetaan keskimäärin alle 20 tkm vuodessa, vähiten yksityisautoilla noin 12 tkm. Autojen suuren lukumäärän vuoksi tämän luokan yhteenlaskettu ajosuorite on kuitenkin ylivoimaisesti suurin, noin 27 mrd kilometriä. Seuraavaksi suurin ajosuorite syntyy yritysten, kaupunkien yms. omistamista työajoa ajavista autoista, noin 8 mrd kilometriä. Näillä autoilla ajetaan keskimäärin noin 17 tkm vuodessa. Tarkemmat keskimääräiset ajosuoritteet on esitetty liitteessä (Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet). Tietilaston mukaan henkilöautojen yhteenlaskettu kilometrimäärä on ollut viime vuosina noin 40 mrd kilometriä eli hieman enemmän kuin laskevamme arvo (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021d). Palaamme tähän tarkemmin luvussa 3.7, Vertailu virallisiin tilastoihin.

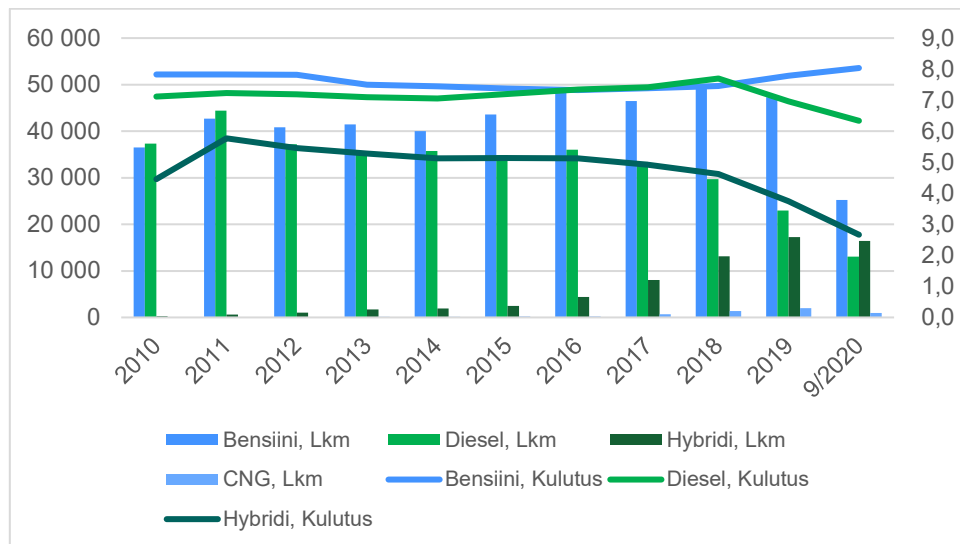
**Taulukko 13.** Henkilöautojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020, miljoonaa kilometriä.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Taksit	708	726	706	717	701	671
Yritysten/kaupunkien omistamat (työajo)	6 457	7 438	7 607	7 848	7 809	7 531
Vuokra-autot	243	264	294	315	320	361
Yksityisleasing	1 136	1 182	1 185	1 163	993	1 009
Yksityisautot	26 607	27 039	27 182	27 143	26 430	25 377
Yritysleasing	339	340	354	338	345	350
	35 490	36 988	37 328	37 524	36 598	35 299

## Energiankulutus

Takseista lähes 90% käyttää polttoaineenaan dieselöljyä keskilukituksen ollessa 7,5 l/100km. Yritysten, kaupunkien yms. omistamista työajoneuvoista 57% käyttää bensiiniä ja 37% dieselöljyä keskilukituksen ollessa 7,6 l/100km ja 7,2 l/100km. Autojen käyttövoimissa on kuitenkin tapahtunut selkeä trendimuutos: Dieselautojen määrä on ollut laskussa koko 2010-luvun. Lasku on kiihtynyt vuodesta 2016 alkaen, samalla sähköhybridiautojen ensirekisteröinti on lähtenyt voimakkaaseen nousuun (Kuva 36).

**Kuva 36.** Ajoneuvojen lukumäärien ja keskilukituksen kehitys yritysten/kaupunkien omistamissa henkilöautoissa ensirekisteröintivuoden mukaan.



Yksityisleasingautojen polttoainejakauma on sama kuin yritysten/kaupunkien työajoneuvoissa: 57% autoista käyttää polttoaineenaan bensiiniä ja dieselöljyä 38% keskilukituksen ollessa samalla tasolla yritysautojen kanssa eli 7,6 l/100km ja 7,1 l/100km. Yrityisleasingautojen polttoainejakauma on näille päinvastainen: bensiiniä käyttää 33% ja dieselöljyä 57% autoista. Myös keskilukitus on hieman pienempi eli 6,9 l/100km molemmilla polttoaineilla. Yksityisautoista suurin osa, 68% so. lähes 1,5 ajoneuvoa, käyttää polttoaineenaan bensiiniä keskilukituksen ollessa 8,1 l/100km. Dieselöljyä käytetään 30% yksityisautoista keskilukituksen ollessa 6,6 l/100km.

Henkilöautojen keskimääräisiä kulutustietoja ajoneuvoluokittain ja käyttövoimittain on esitetty tarkemmin liitteessä (Taulukko 48). Henkilöautojen polttoaineen kulutuksen arviointimenetelmää kuten myös eri polttoainelaatujen kulutustrendiä käsiteltiin luvussa 3.1.2, Henkilö- ja pakettiautojen polttoaineen normi- vs todellinen kulutus.

Henkilöautojen ajokilometrit eivät jakaudu tasaisesti eri käyttövoimien välille. Yleisesti ottaen dieselautoilla ajetaan enemmän kuin bensiinikäyttöisillä autoilla. Esimerkiksi taksien liikennesuoritteesta yli 90% ajetaan dieselautoilla. Henkilöautojen ajosuoritteiden jakautumista bensiinin ja dieselöljyn välillä on eritelty alla olevassa taulukossa.

**Taulukko 14.** Henkilöautojen ajosuoritteiden jakautuminen bensiinin ja dieselöljyn välillä eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Taksit</b>						
bensiini	6 %	6 %	8 %	9 %	8 %	8 %
diesel	94 %	94 %	92 %	91 %	92 %	92 %
<b>Yritysten / kaupunkien omistamat (työajo)</b>						
bensiini	57 %	57 %	57 %	58 %	56 %	52 %
diesel	43 %	43 %	43 %	42 %	44 %	48 %
<b>Vuokra-autot</b>						
bensiini	78 %	79 %	80 %	83 %	67 %	51 %
diesel	22 %	21 %	20 %	17 %	33 %	49 %
<b>Yksityisleasing</b>						
bensiini	57 %	58 %	59 %	60 %	60 %	60 %
diesel	43 %	42 %	41 %	40 %	40 %	40 %
<b>Yksityisautot</b>						
bensiini	64 %	64 %	64 %	65 %	64 %	63 %
diesel	36 %	36 %	36 %	35 %	36 %	37 %
<b>Yrityisleasing</b>						
bensiini	36 %	36 %	37 %	40 %	34 %	24 %
diesel	64 %	64 %	63 %	60 %	66 %	76 %
<b>Ajosuorite yhteensä, miljoonaa kilometriä</b>						
bensiini	21 818	22 615	22 895	23 296	22 406	20 816
diesel	13 672	14 373	14 433	14 228	14 192	14 483



Arvioimme henkilöautojen eri käyttöluokkien vuotuisen energian kulutuksen huomioiden niiden keskimääräisen ajosuoritteen, käytetyn polttoaineen sekä sen keskekulutuksen eri vuosina. Henkilöautojen energiankulutus on näin laskien yhteensä energiana hieman yli 90 petajoulea, mikä vastaa noin 1 800 ja 980 miljoonaa litraa bensiiniä ja dieselöljyä (Taulukko 15).

**Taulukko 15.** Henkilöautojen energiankulutus eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020; terajoulea, miljoonaa litraa ja 1 000 tonnia.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Taksit</b>	1 904	1 921	1 825	1 873	1 853	1 753
<b>Yritysten/kaupunkien omistamat (työajo)</b>	16 334	18 669	19 015	19 495	19 075	17 773
<b>Vuokra-autot</b>	531	571	630	673	694	842
<b>Yksityisleasing</b>	2 812	2 909	2 895	2 832	2 398	2 425
<b>Yksityisautot</b>	65 438	66 682	67 265	67 446	65 623	62 913
<b>Yrityisleasing</b>	793	787	809	768	824	891
<b>TJ</b>	87 812	91 539	92 439	93 086	90 467	86 597
<b>Bensiini [Milj.littraa]</b>	1 766	1 818	1 831	1 852	1 770	1 612
<b>Dieselöljy [Milj.littraa]</b>	907	966	979	979	978	1 009
<b>CO2-päästöt [1000 t]</b>	6 076	6 229	6 185	6 124	5 843	5 475

Eri käyttöluokkien keskimääräiset vuotuiset CO<sub>2</sub>-päästöt vuosina 2015 – 2020 on esitetty tarkemmin liitteessä ”Keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt”. Henkilöautojen CO<sub>2</sub>-päästöt ovat ensisijaisesti pienentyneet, koska bensiinin ja dieselöljyn sisältämä biokomponenttiosuus on kasvanut. Muu CO<sub>2</sub>-päästöjen lasku on seurausta lähinnä henkilöautojen pienentyneestä ajosuoritteesta. Henkilöautojen keskimääräinen bensiinin ja dieselin kulutus ei muutoin ole juurikaan laskenut viime vuosina (kts. Kuva 34)

## 3.3 Pakettiautot

### 3.3.1 Pakettiautojen luokittelu ja lukumäärät

Pakettiautojen käyttö on jaoteltu tarkastelussa neljään eri käyttöluokkaan: kaupunkijakeluun, huolto- ym. työajoon, rahtiin sekä vuokra-autoihin. Vuokra-autoihin on liitetty pakettiautot, joiden käytöksi on määritelty 04, vuokraus ilman kuljettajaa.

Pakettiautojen jako rahti- ja kaupunkijakelukäyttöön tehdään niiden haltijan toimialan pohjalta. Rahtiin liitetään pakettiautot, joiden haltija toimii toimialalla 49, maaliikenne. Kaupunkijakeluun liitetään vastaavasti posti- ja kuriiritoiminnan, elintarvikkeiden ja juomien valmistuksen, tukku- ja vähittäiskaupan sekä majoitus- ja ravitsemistoiminnan toimialat. Ajoneuvomäärältään suurimpia näistä ovat posti- ja kuriiritoiminnan sekä kaupan toimialat. Muiden toimialojen ajoneuvot liitetään huolto- ym. työajon käyttöluokkaan. Ajoneuvomäärältään merkittävimpiä ovat rakentamisen sekä kiinteistön- ja maisemanhoidon toimialat. Luokkaan on liitetty myös ne ajoneuvot, joiden haltijasta ei ole toimialatietoa.

**Taulukko 16.** Pakettiautojen luokittelu.

Määrittely	Luokka
Ajoneuvon käyttö 04, Vuokraus ilman kuljettajaa	Vuokra-autot
Haltijan TOL = 49, Maaliikenne ja putkijohtokuljetus	Rahti
Haltijan TOL = 10, Elintarvikkeiden valmistus tai 11, Juomien valmistus tai 46, Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa) tai 47, Vähittäiskauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa) tai 53, Posti- ja kuriiritoiminta tai 55, Majoitus tai 56, Ravitsemistoiminta	Kaupunkijakelu
Muut	Huolto- ym. työajo

Pakettiautojen lukumäärät eri käyttöluokissa ja niiden kehitys vuosina 2015 – 2020 on esitetty alla olevassa taulukossa. Ylivoimaisesti suurin ryhmä on ”huolto- ym. työajo”, johon pakettiauto sijoittuu, ellei ajoneuvon vuokrakäyttö tai haltijan toimialaluokka anna muuta olettaa.

**Taulukko 17.** Pakettiautojen lukumäärät eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkijakelu</b>	9 335	9 982	10 411	11 511	13 275	16 149
<b>Rahti</b>	4 357	4 788	5 120	5 491	5 936	7 133
<b>Huolto- ym. työajo</b>	276 968	283 846	295 556	297 782	296 776	308 961
<b>Vuokra-autot</b>	2 195	2 417	2 915	3 299	3 301	3 561
	292 855	301 033	314 002	318 083	319 288	335 804

### 3.3.2 Pakettiautojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt

#### Keskimääräinen ajosuorite

Pakettiautojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 18). Pienin keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on huolto- ym. työajon pakettiautoilla, noin 15 tkm vuodessa. Autojen suuren lukumäärän vuoksi tämän luokan yhteenlaskettu ajosuorite on kuitenkin ylivoimaisesti suurin, noin 4,4 mrd kilometriä. Muilla pakettiautoilla ajetaan keskimäärin 19 – 20 tkm vuodessa. Tarkemmat keskimääräiset ajosuoritteet on esitetty liitteessä (Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet). Tietilaston mukaan pakettiautojen yhteenlaskettu ajokilometrimäärä on ollut viime vuosina noin 5,6 mrd kilometriä eli hieman enemmän kuin laskemamme arvo (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021d). Tilastossa on tosin hyppy 3,9 mrd kilometristä vuonna 2015 seuraavan vuoden 5,5 mrd kilometriin.

**Taulukko 18.** Pakettiautojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020, miljoonaa kilometriä.

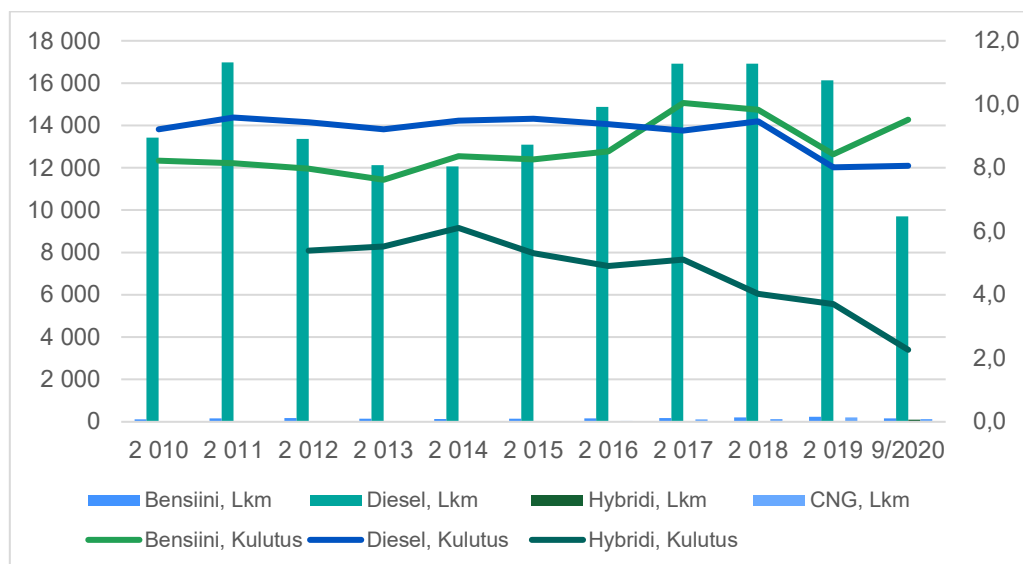
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkijakelu</b>	170	192	199	220	230	289
<b>Rahti</b>	87	99	104	117	119	153
<b>Huolto- ym. työajo</b>	4 237	4 351	4 447	4 558	4 213	4 347
<b>Vuokra-autot</b>	44	48	55	66	57	64
	4 538	4 690	4 805	4 961	4 618	4 853

## Energiankulutus

Pakettiautojen polttoaineena käytetään lähes yksinomaan dieselöljyä keskkulutuksen ollessa huolto- ym. työajon pakettiautoilla 8,2 l/100km, kaupunkijakelun autoilla 8,8 l/100km, rahtiliikenteessä 9,0 l/100km ja vuokra-autoilla 9,3 l/100km. Keskkulutus saattaa seurata näissä luokissa käytettyjen pakettiautojen keskimääräisiä kokoja so. vuokratoiminnassa käytetyt autot ovat kooltaan suurimpia. Pakettiautojen keskimääräisiä kulutustietoja ajoneuvoluokittain ja käyttövoimittain on esitetty tarkemmin liitteessä (Taulukko 49).

Pakettiautojen dieselöljyn kulutus on pysynyt melko vakaana koko 2010-luvun. Sähköhybridien yleistymisen näyttäisi laskevan polttoaineen kulutusta voimakkaasti – vaikka otammekin huomioon valmistajan ilmoittaman vs. todellisen polttoaineen kulutuksen näissä ajoneuvoissa kertomalla valmistajan ilmoittaman kulutuslukeman arvolla 1,46 (kts luku 3.1.2, Henkilö- ja pakettiautojen polttoaineen normi- vs todellinen kulutus). Sähköhybridien käyttö voi tosin kohdistua kooltaan pienimpiin pakettiautoihin ja niiden lukumäärä on toistaiseksi hyvin pieni.

**Kuva 37.** Ajoneuvojen lukumäärien ja keskkulutuksen kehitys huolto- ym. työajon pakettiautoissa ensirekisteröintivuoden mukaan.



Arvioimme pakettiautojen eri käyttöluokkien vuotuisen energian kulutuksen huomioimalla niiden keskimääräisen ajosuoritteen ja käytetyn polttoaineen keskkulutuksen eri vuosina. Pakettiautojen energiankulutus on näin laskien yhteensä energiana noin 14 petajoulea, mikä vastaa noin 400 miljoonaa litraa dieselöljyä (Taulukko 19).

**Taulukko 19.** Pakettiautojen energiankulutus eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020; terajoulea, miljoonaa litraa ja 1 000 tonnia.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkijakelu</b>	526	602	627	698	717	898
<b>Rahti</b>	276	319	337	382	387	499
<b>Huolto- ym. työajo</b>	12 180	12 660	13 083	13 622	12 542	13 223
<b>Vuokra-autot</b>	150	165	184	219	179	198
<b>[TJ]</b>	13 133	13 745	14 231	14 921	13 825	14 817
<b>Dieselöljy [Milj. litraa]</b>	369	386	400	419	388	416
<b>CO2-päästöt [1000 t]</b>	1 075	1 096	1 105	1 127	1 015	1 057

## 3.4 Linja-autot

### 3.4.1 Linja-autojen luokittelu ja lukumäärät

Linja-autojen jaottelu eri käyttöluokkiin ei ole niin suoraviivaista kuin henkilö- ja pakettiautoissa. Luokittelussa otetaan huomioon linja-auton haltijan toimialan ja auton rakenteen lisäksi myös haltijan toimipaikka sekä se, kuinka monta ajoneuvoa sillä on hallinnassaan. Linja-auton jaottelussa kaupunki- ja reittiliikenteen välillä 22/23 seiso-  
mapaikkaa valittiin käännepesteeksi. Tämä johtui siitä, että kahdessa suosituksessa linja-autossa, Volvo B10B LE:ssä ja Volvo B10M:ssä (Kuva 38), kyseinen kohta erottaa autojen tyyppin toisistaan.

**Kuva 38.** Volvo B10B LE ja Volvo B10M –linja-autot.



Linja-autojen jaottelu eri luokkiin on esitetty tarkemmin alla olevassa taulukossa.

**Taulukko 20.** Linja-autojen luokittelu.

Määrittely	Luokka
<b>Käyttö = 02, Luvanvarainen; 03, Kouluajoneuvo tai 04, Vuokraus ilman kuljettajaa</b>	
Min 23 seisomapaikkaa	Kaupunkiliikenne
<b>Max 22 seisomapaikkaa ja omamassa yli 5000 kg</b>	
yrittäjän TOL = 49391, Säännöllinen linja-autojen kaukoliikenne	Reittiliikenne
yrittäjän TOL = 49320, Taksiliikenne tai TOL = 49392, Linja-autojen tilausliikenne	Tilausliikenne
muu TOL ja yrittäjän kotipaikan asukasluku yli 100 000 asukasta	Kaupunkiliikenne
muut	Reittiliikenne
<b>Omamassa alle 5000 kg</b>	
jos yrityksellä vähintään 10 min 23 seisomapaikan linja-autoa	Syöttöliikenne
yrittäjän TOL = 49391, Säännöllinen linja-autojen kaukoliikenne	Reittiliikenne
yrittäjän TOL = 49320, Taksiliikenne tai TOL = 49392, Linja-autojen tilausliikenne	Tilausliikenne
muu TOL ja yrittäjän kotipaikan asukasluku yli 100 000 asukasta	Kaupunkiliikenne
muut	Tilausliikenne
<b>Käyttö = 01, Yksityinen</b>	Yksityinen

Linja-autojen lukumäärät eri käyttöluokissa ja niiden kehitys vuosina 2015 – 2020 on esitetty alla olevassa taulukossa. Linja-autojen käyttötapaukset jakautuvat varsin tasaisesti eri osa-alueille, syöttöliikenteen autojen lukumäärän toki olevan huomattavasti muita pienempi.

**Taulukko 21.** Linja-autojen lukumäärät eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkiliikenne</b>	3 669	3 806	4 035	3 824	4 112	3 955
<b>Reittiliikenne</b>	2 787	2 882	2 855	2 588	2 588	2 520
<b>Syöttöliikenne</b>	250	314	331	308	326	343
<b>Tilausliikenne</b>	2 976	3 154	3 434	3 238	3 352	3 489
<b>Yksityiset linja-autot (ei lupaa)</b>	1 272	1 353	1 357	1 361	1 440	1 517
	10 954	11 509	12 012	11 319	11 818	11 824

### 3.4.2 Linja-autojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt

#### Keskimääräinen ajosuorite

Linja-autojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 22). Suurin keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on kaupunkiliikenteen linja-autoilla, noin 65 tkm vuodessa. Koska näitä autoja on myös eniten eri linja-autoista, kattaa niiden ajosuorite lähes puolet linja-autojen noin 540 miljoonan kilometrin ajosuoritteesta. Jäljelle jäävä ajosuorite jakautuu melko lailla tasan reitti- ja tilausliikenteen välille syöttö- ja yksityisen ajon ollessa huomattavan vähäistä. Tarkemmat keskimääräiset ajosuoritteet on esitetty liitteessä (Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet).

Tietilaston mukaan linja-autojen yhteenlaskettu ajokilometrimäärä on ollut viime vuosina noin 600 miljoonaa kilometriä eli hieman enemmän kuin laskemamme arvo (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021d). Toisaalta Julkisen liikenteen suoritetilaston mukaan Suomen sisäisen matkustajaliikenteen kokonaissuorite vuonna 2018 oli linja-autojen osalta 439 miljoonaa kilometriä (Traficom, 2020). Tämä jakautui kaukoliikenteen suoritteeseen 66 miljoonaa kilometriä, suurten kaupunkien ja keskisuurten kaupunkiseutujen liikenteisiin 140 ja 36 miljoonaa kilometriä, muuhun joukkoliikenteeseen 110 miljoonaa kilometriä ja säännölliseen sekä muuhun tilausliikenteeseen 22 ja 65 miljoonaa kilometriä. Arviomme on Tietilaston ja Julkisen liikenteen suoritetilaston keskiarvo.



**Taulukko 22.** Linja-autojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020, miljoonaa kilometriä.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkiliikenne</b>	237	247	262	248	252	253
<b>Reittiliikenne</b>	147	150	149	142	135	126
<b>Syöttöliikenne</b>	9	11	12	11	12	13
<b>Tilausliikenne</b>	110	116	123	120	118	120
<b>Yksityiset linja-autot (ei lupaa)</b>	20	21	21	20	20	20
	522	546	566	540	536	532

## Energiankulutus

Linja- ja kuorma-autojen kulutustietoja ei ole muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta saatavissa käyttämästämme Traficomien aineistosta. Arvioimme näiden kulutustietoja LIPASTO-tietokannan pohjalta (Technical Research Center of Finland (VTT), 2017). LIPASTOssa esitetään tieliikenteen käytön aikaiset päästömäärät ja energiankulutus grammoina kilometriä kohden.

LIPASTO:n yksikköpäästötaulukoissa on suuntaa-antavat päästökertoimet tietyille linja-autojen käyttötapauksille ja autoille tyhjänä ja täynnä matkustajia. Oletimme käyttämämme linja-auton ajoneuvoluokan muuntuvan LIPASTOssa käytettyyn luokitteluun ja ajoneuvon käyttötapaan alla olevan taulukon mukaisesti. Käyttöasteen oletimme kaikissa tapauksissa olevan 50%. Linja-auton painon oletimme vaikuttavan LIPASTOssa esitettyyn kulutusarvoon lineaarisesti siten, että 40% painoinen linja-auto kuluttaa 60% referenssiauton kulutuksesta.

**Taulukko 23.** Ajoneuvoluokan oletettu luokka ja käyttötapa LIPASTO:n luokittelun mukaisesti.

Ajoneuvoluokka	LIPASTO:n luokka ja käyttötapa
<b>Kaupunkiliikenne</b>	Kaupunkibussit, 75% katuajo, 25% kehäväyläajo
<b>Reittiliikenne</b>	Pitkän matkan linja-autot, maantieajo
<b>Syöttöliikenne</b>	Kaupunkibussit, 75% katuajo, 25% kehäväyläajo
<b>Tilausliikenne</b>	Pitkän matkan linja-autot, 50% maantieajo, 50% katuajo
<b>Yksityiset linja-autot (ei lupaa)</b>	Pitkän matkan linja-autot, maantieajo

Linja-autojen polttoaineena käytetään lähes yksinomaan dieselöljyä. Arvioitu energian keskikulutus on suurin kaupunkiliikenteen linja-autoilla, 14,7 MJ/km. Tämä vastaa hie- man yli 40 l/100km dieselöljyn kulutusta. Muiden linja-autojen keskimääräinen kulutus on noin kaksi kolmasosaa kaupunkiliikenteen linja-autojen keskikulutuksesta. Pienin se on yksityiskäytössä olevilla linja-autoilla, 8,2 MJ/km, joka vastaa noin 23 l/100km dieselöljyn kulutusta. Oletimme yksityisillä linja-autoilla ajettavan pitkän matkan maan- tieajoa. Ne saattavat myös olla kooltaan pienempiä kuin julkisessa liikenteessä olevat linja-autot, mitkä molemmat tekijät laskisivat keskimääräistä polttoainekulutusta. Linja-autojen keskimääräistä energiankulutusta ajoneuvoluokittain on esitetty tarkem- min liitteessä (Taulukko 50).

Arvioimme linja-autojen eri käyttöluokkien vuotuisen energian kulutuksen huomioi- malla niiden keskimääräisen ajosuoritteen ja käytetyn polttoaineen keskikulutuksen eri vuosina. Linja-autojen energiankulutus on näin laskien yhteensä energiana noin 6,5 petajoulea, mikä vastaa noin 180 miljoonaa litraa dieselöljyä (Taulukko 19).

**Taulukko 24.** Linja-autojen energiankulutus eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020; terajoulea, miljoonaa litraa ja 1 000 tonnia.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkiliikenne</b>	3 430	3 604	3 833	3 649	3 709	3 777
<b>Reittiliikenne</b>	1 513	1 571	1 578	1 497	1 425	1 339
<b>Syöttöliikenne</b>	78	99	106	103	106	120
<b>Tilausliikenne</b>	1 030	1 099	1 160	1 164	1 149	1 165
<b>Yksityiset linja-autot (ei lupaa)</b>	156	169	172	164	168	164
<b>[TJ]</b>	6 207	6 541	6 850	6 577	6 558	6 565
<b>Dieselöljy [milj. litraa]</b>	174	184	192	185	184	184
<b>CO2-päästöt [1000 t]</b>	430	441	450	420	407	396

## 3.5 Kuorma-autot

### 3.5.1 Kuorma-autojen luokittelu ja lukumäärät

Raskaan kaluston liikenne voidaan jakaa kolmeen ryhmään päästövähennyskeinojen perusteella: kaupunkiolosuhteissa liikkuvaan kalustoon, kaupunki ja taajama-alueilla liikkuvaan kalustoon sekä pitkän matkan ja raskaan työkuorman kalustoon.

Kaupunkiolosuhteissa liikkuvaan kalustoon kuuluvat: kaupunkijakelu (vaihtelevat kokonaismassat, alhainen keskinopeus, paljon pysähdyksiä), jätteenkeräys (vaihtelevat kokonaismassat, alhainen keskinopeus, paljon pysähdyksiä) ja kunnossapito (alhainen kokonaismassa, alhainen keskinopeus, lisälaitteiden käyttö).

Kunnossapidon kuorma-autoihin liitetään toimialalla 81, kiinteistön- ja maisemanhoito, toimivien yritysten hallinnoimat autot. Kuorma-autojen lukumäärä ja ajosuoritteet ovat tällä toimialalla aineistossa pienet, mikä indikoisi niiden käyttöä rajatun maantieteellisen alueen huoltotöissä. Jätteenkeräykseen liitetään kuorma-autot, jos auton ajoneuvoryhmä on 124, jätteenkuljetusauto tai kuormakorityyppi on 12, jätepuristinkori. Kaupunkijakeluun liitetään lähtökohtaisesti perävaunuttomia kuorma-autoja ja autoja, joita ei ole niiden rakenteen tai toiminnan luonteen takia liitetty mihinkään toiseen kaluston käyttöluokkaan.

Pitkän matkan ja raskaan työkuorman kalustoon kuuluvat kaukoliikenne sekä maa-aines- ja puutavarakuljetukset. Maa-aines- ja puutavarakuljetukset ovat arvoketjun alkupään kuljetuksia, joille on ominaista suuret kokonaismassat, alhainen keskinopeus, vaihteleva tieverkko ja välillä suuria ajovastuksia. Maa-aineskuljetuksiin liitetään kuorma-autot, jos auton kuormakorityyppi on 02, maansiirtolava, tai 18, lämmitettävä lava. Puutavarakuljetuksiin liitetään vastaavasti autot, joiden kuormakorityyppi on 04, puutavarapankot.

Kaukoliikenne sisältää kappaletavara- ja teollisuuden kuljetukset. Näille on ominaista suuret kokonaismassat, korkeampi keskinopeus ja pitkät siirtymät paremmalla tieverkolla. Kaupunki ja taajama-alueilla liikkuva kalusto sisältää maakuntajakelun ajoneuvot, esimerkiksi maitoautot. Näille on ominaista vaihtelevat kokonaismassat, korkeampi keskinopeus, pidempiä siirtymiä, paljon pysähdyksiä sekä vaihteleva tieverkko. Lähtökohtaisesti puoliperävaunuyhdistelmät on luokiteltu maakuntajakeluun kuuluviksi, varsinaiset ajoneuvoyhdistelmät kaukoliikenteen ajoneuvoiksi. Yksityiskohtaisempi jaottelu on esitetty alla olevassa taulukossa.

**Taulukko 25.** Kuorma-autojen luokittelu.

<b>Määrittely</b>	<b>Luokka</b>
Haltijan TOL = 81, Kiinteistön- ja maisemanhoito	Kunnossapito
Ajoneuvoryhma = 124, Jätteenkuljetusauto tai kuormakorinTyyppi = 12, Jätepuristinkori	Jätteenkeräys
kuormakorinTyyppi = 02, Maansiirtolava tai 18, Lämmitettävä lava (ee)	Maa-aineskuljetukset
kuormakorinTyyppi = 04, Puutavarapankot	Puutavarakuljetukset
kuormakorinTyyppi = 15, Vaihtokorilaitteet	Kaupunkijakelu
kuormakorinTyyppi = 05, Umpikori+säiliö; 06, Umpikori eristetty tai 07, Umpikori eristämätön; ja Akseliryhmätyyppi = 2, Kaksoisakselisto tai 4, Teliakselisto (2 - akselinen); ja Ajoneuvoryhmä ei = 117, Varsinaisen perävaunun vetoajoneuvo; 118, Puoliperävaunun vetoauto tai 119, Keskiakseliperävaunun vetoauto	Kaupunkijakelu
kuormakorinTyyppi = 10, Muu säiliö	Maakuntajakelu
kuormakorinTyyppi = 05, Umpikori+säiliö; 06, Umpikori eristetty tai 07, Umpikori eristämätön; ja Akseliryhmätyyppi = 3, Kolmoisakselisto tai 5, Teliakselisto (3 - akselinen); ja Ajoneuvoryhmä ei = 117, Varsinaisen perävaunun vetoajoneuvo tai 119, Keskiakseliperävaunun vetoauto	Maakuntajakelu
kuormakorinTyyppi = 08, Painesäiliö; 09, Vak-säiliö; 11, Konttivaruste; 16, Tukikaaret ja telttakatos tai 17, Telttakatos (ee) ja omamassa yli 6000 kg	Kaukoliikenne
kuormakorinTyyppi = 01, Kappaletavaralava; 03, Kappaletavaral+irtokate; 05, Umpikori+säiliö; 06, Umpikori eristetty tai 07, Umpikori eristämätön; Akseliryhmätyyppi = 3, Kolmoisakselisto; 5, Teliakselisto (3 - akselinen) tai Y, Muu; ja Ajoneuvoryhmä = 117, Varsinaisen perävaunun vetoajoneuvo tai 119, Keskiakseliperävaunun vetoauto	Kaukoliikenne
Ajoneuvoryhmä = 118, Puoliperävaunun vetoauto	Maakuntajakelu
Muut	Kaupunkijakelu

Kuorma-autojen lukumäärät eri käyttöluokissa ja niiden kehitys vuosina 2015 – 2020 on esitetty alla olevassa taulukossa. Kuorma-autojen kokonaismäärä, noin 100 000 kpl vastaa ”liikennekäytössä olevat ajoneuvot” –tilaston arvoja (kts. luku 3.7, Vertailu virallisiin tilastoihin), kaupunkijakelun kuorma-autojen ollessa selvästi suurin käyttöluokka kattaen noin kaksi kolmasosaa kuorma-autojen kokonaismäärästä.

**Taulukko 26.** Kuorma-autojen lukumäärät eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jätteenkeräys	995	969	974	928	933	1 012
Kaukoliikenne	11 939	12 743	13 490	14 476	14 353	13 539
Kaupunkijakelu	68 139	68 437	67 970	67 585	65 714	62 807
Kunnossapito	1 846	1 867	1 873	1 956	1 932	1 444
Maa-aineskuljetukset	6 146	6 372	6 449	6 464	6 389	6 176
Maakuntajakelu	6 853	7 534	8 318	8 663	8 490	8 068
Puutavarakuljetukset	2 004	1 953	1 999	1 996	1 897	1 605
	97 922	99 875	101 073	102 068	99 708	94 651

### 3.5.2 Kuorma-autojen keskimääräiset ajosuoritteet, polttoaineenkulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt

#### Keskimääräinen ajosuorite

Kuorma-autojen mittarilukemien pohjalta lasketut ajokilometrit kuorma-autoluokittain ja vuosittain on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 23). Suurin keskimääräinen vuotuinen ajosuorite on puutavarakuljetuksiin käytettävillä autoilla, noin 110 tkm vuodessa. Nämä autot ovat 90 prosenttisesti varsinaisia perävaunuyhdistelmiä. Myös kaukoliikenteen ja maakuntajakelun kuorma-autot ovat suurelta osin perävaunuyhdistelmiä ja niillä ajetaan noin 70 tkm vuodessa. Kaukoliikenteen ajosuorite on myös yhdessä kaupunkijakelun kuorma-autojen kanssa joukon suurin, noin miljardi kilometriä vuodessa. Kaupunkijakelun kuorma-autojen keskimääräinen ajosuorite on joukon pienin, noin 17 tkm vuodessa, mutta koska niitä on lukumääräisesti noin 70% kaikista kuorma-autoista, on niiden yhteenlaskettu ajosuorite joukon suurin. Kaupunkijakelun kuorma-autojen ajosuorite on laskenut viime vuosina. Ajoja näyttää siirtyneen erityi-

sesti maakuntajakelun kuorma-autojen hoidettaviksi. Kyseessä voi kuitenkin olla luokittelusäännöstämme johtuva tilastollinen harha: kuljetukset ovat siirtyneet perinteisistä kuorma-autoista suurempien puoliperävaunuyhdistelmien ajettaviksi, mitkä olemme luokitelleen maakuntajakelua suorittaviksi autoiksi. Tarkemmat keskimääräiset ajosuoritteet on esitetty liitteessä (Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet).

**Taulukko 27.** Kuorma-autojen ajosuoritteet eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020, miljoonaa ajoneuvo-kilometriä.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Jätteenkeräys</b>	29	28	27	27	28	34
<b>Kaukoliikenne</b>	985	1 009	1 030	1 085	1 028	982
<b>Kaupunkijakelu</b>	1 322	1 240	1 167	1 116	1 075	1 077
<b>Kunnossapito</b>	41	40	42	45	44	35
<b>Maa-ainekuljetukset</b>	203	215	211	209	208	223
<b>Maakuntajakelu</b>	477	509	554	573	559	543
<b>Puutavarakuljetukset</b>	234	215	220	227	203	170
	3 291	3 257	3 250	3 281	3 145	3 064
<b>Pelkkä kuorma-auto</b>	1 559	1 454	1 371	1 313	1 265	1 271
<b>Puoliperävaunuyhdistelmä</b>	443	479	524	543	536	513
<b>Varsinainen perävaunuyhdistelmä</b>	1 290	1 324	1 355	1 424	1 345	1 280

Kuorma-autojen yhteenlaskettu ajokilometrilukema on pienempi kuin Traficomien arvio (3,3 vs 3,4 mrd km), mutta linjassa Tilastokeskuksen arvojen kanssa kuorma-autojen määrästä ja keskimääräisestä ajosuoritteesta.

## Energiankulutus

Samoin kuin linja-autoissa kuorma-autojen kulutustietoja ei ole muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta saatavissa käyttämästämme Traficomien aineistosta, ja arvioimme näiden kulutustietoja LIPASTO-tietokannan pohjalta.

LIPASTOn kuorma-autojen yksikköpäästötaulukoissa on päästökertoimet vain joillekin ajoneuvotyypeille ja kokoluokille tyhjänä ja täyteen lastattuna. Muunsimme päästökertoimet muun kokoisille ajoneuvoille ja osakuormille liitteessä ”Kuorma-autojen päästökerroimien laskenta eri kokoisille ajoneuvoille ja osakuormille” esitetyllä tavalla. Oletimme käyttämämme ajoneuvoluokan muuntuvan LIPASTOssa käytettyyn luokitteluun ja ajoneuvon käyttötapaan alla olevan taulukon mukaisesti.

**Taulukko 28.** Ajoneuvoluokan oletettu luokka ja käyttötapa LIPASTOn luokittelun mukaisesti.

Ajoneuvoluokka	LIPASTOn luokka ja käyttötapa
Jätteenkeräys	Jakelukuorma-autot, katuajo
Kaukoliikenne	jos Perävaunuyhdistelmä, maantieajo; muu: Jakelukuorma-autot, maantieajo
Kaupunkijakelu	Jakelukuorma-autot: jakeluajo
Kunnossapito	Jakelukuorma-autot, katuajo; jos Perävaunuyhdistelmä Taajama, katuajo
Maa-aineskuljetukset	Maansiirtoautot: 50% Maantieajo, 50% Katuajo
Maakuntajakelu	jos Perävaunuyhdistelmä, maantieajo; muu: Jakelukuorma-autot, jakeluajo
Puutavarakuljetukset	jos Perävaunuyhdistelmä, maantieajo; muu: Jakelukuorma-autot, maantieajo

Kuorma-autojen energiankulutus kussakin ajoneuvoluokassa on laskettu seuraavasti: Eri ajoneuvoluokkien kuorma-autot on jaettu kahdeksaan painoluokkaan, neljäksi perävaunuttomaksi ja neljäksi perävaunuyhdistelmän luokaksi. Kunkin painoluokan autojen ajo tyhjänä sekä keskimääräinen kuorma on arvioitu tavarankuljetustilaston pohjalta. Kyseisiä keskiarvoja on käytetty, kun kunkin kuorma-auton energiankulutus on arvioitu LIPASTOn kuorma-autojen yksikköpäästötaulukon mukaisesti. Oletamme esimerkiksi 16,3 tn painoisen jätteenkeräysauton keskimääräisen kuorman olevan 3,8 tn silloin, kun se on kuormattu. Auton kokonaispaino on näin ollen 20,1 tn, jolla se ajaa 98% ajokilometreistään. Muun osan se ajaa tyhjänä. Kulutustietojen oletetaan noudattavan LIPASTOn ”Jakelukuorma-autot, katuajo” tietoja. Näiden tietojen pohjalta on laskettu kunkin jätteenkeräyksen kuorma-auton oletettu energiankulutus kilometriä kohden, jotka on sitten laskettu yhteen. Kunkin ajoneuvo- ja kokoluokan keskimääräinen energiankulutus on ilmoitettu alla olevassa taulukossa. Esimerkin tapaiselle jät-

teenkeräysautolle se on ollut 9,4 MJ/km, joka vastaa noin 27 l/100km dieselöljyn kulu-  
tusta. Mikäli kuorma-auto oli perävaunuyhdistelmä, oletimme perävaunun painoksi 10  
tn.

**Taulukko 29.** Kuorma-autojen ajo tyhjänä, keskimääräinen kuorma ja energiankulutus  
kahdeksassa painoluokassa.

		Ei perävaunua, kokonaispaino				Perävaunu, kokonaispaino			
		alle 6 tn	6-10 tn	10 - 15 tn	yli 15 tn	alle 40 tn	40 - 60 tn	60 - 76 tn	yli 76 tn
<b>Jätteenke- räys</b>	Osuus luokan ajoneu- voista, tav.kuljetus	1 %	2 %	63 %	34 %				
	Ajoa tyhjänä	2 %	8 %	5 %	2 %				
	Ka. kuorma	738	1 757	3 209	3 801				
	Energiankulutus MJ/km		5,9	7,0	9,4				
	CO2		392	464	624				
	Osuus luokan ajoneuvoista, kat- sastus		1 %	1 %	97 %				
<b>Kaukolii- kenne</b>	Osuus luokan ajoneu- voista, tav.kuljetus	4 %	2 %	4 %	2 %	3 %	7 %	71 %	8 %
	Ajoa tyhjänä	21 %	21 %	13 %	31 %	12 %	13 %	18 %	27 %
	Ka. kuorma	563	3 508	6 721	7 375	13 412	17 433	25 861	41 566
	Energiankulutus MJ/km		5,2	6,3	7,1	12,9	13,4	13,4	13,6
	CO2		341	414	466	851	884	886	900
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus				4 %	1 %	6 %	81 %	8 %
<b>Kaupunki- jakelu</b>	Osuus luokan ajoneu- voista, tav.kuljetus	48 %	14 %	32 %	5 %				
	Ajoa tyhjänä	35 %	13 %	18 %	27 %				
	Ka. kuorma	580	2 617	5 496	6 750				
	Energiankulutus MJ/km	4,4	6,0	8,3	10,2				
	CO2	289	394	547	671				
	Osuus luokan ajoneu- voista, katsastus	53 %	9 %	8 %	31 %				
<b>Kunnossa- pito</b>	Osuus luokan ajoneu- voista, tav.kuljetus	23 %	15 %	47 %	7 %	0 %	1 %	7 %	0 %



	Ajoa tyhjänä	33 %	20 %	19 %	34 %	0 %	7 %	17 %	36 %
	Ka. kuorma	667	2 813	5 403	2 966	5 104	12 602	18 127	39 509
	Energiankulutus MJ/km	4,7	6,2	8,5	8,3	18,9	19,6	23,3	25,0
	CO2	307	409	558	547	1 248	1 291	1 538	1 651
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus	16 %	3 %	4 %	41 %	0 %	1 %	16 %	19 %
<b>Maa-aines-kuljetukset</b>	Osuus luokan ajoneuvoista, tav.kuljetus	3 %	0 %	37 %	20 %	1 %	2 %	31 %	6 %
	Ajoa tyhjänä	5 %	16 %	33 %	34 %	32 %	46 %	38 %	34 %
	Ka. kuorma	251	4 083	12 727	13 631	26 120	35 933	34 939	41 769
	Energiankulutus MJ/km	5,6	7,0	10,5	12,3	29,7	25,6	27,6	29,3
	CO2	370	462	695	811	1 963	1 688	1 820	1 932
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus			1 %	29 %	0 %	0 %	51 %	18 %
<b>Maakuntajakelu</b>	Osuus luokan ajoneuvoista, tav.kuljetus	5 %	2 %	5 %	5 %	8 %	66 %	7 %	1 %
	Ajoa tyhjänä	75 %	82 %	19 %	28 %	14 %	25 %	24 %	26 %
	Ka. kuorma	430	3 247	8 773	11 838	10 460	18 117	23 516	43 199
	Energiankulutus MJ/km	4,7	5,9	11,0	11,5	10,5	10,5	11,4	12,5
	CO2	309	388	724	759	692	695	749	824
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus			1 %	13 %	24 %	42 %	16 %	4 %
<b>Puutavarakuljetukset</b>	Osuus luokan ajoneuvoista, tav.kuljetus			2 %		0 %	2 %	62 %	33 %
	Ajoa tyhjänä			43 %		16 %	26 %	41 %	38 %
	Ka. kuorma			11 655		19 155	28 285	41 032	48 224
	Energiankulutus MJ/km			8,0		14,9	14,8	14,2	14,6
	CO2			530		980	977	939	962
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus				10 %	0 %	2 %	86 %	2 %
<b>Kaikki</b>	Osuus luokan ajoneuvoista, tav.kuljetus	28 %	9 %	23 %	6 %	2 %	9 %	19 %	4 %
	Ajoa tyhjänä	35 %	15 %	19 %	27 %	13 %	23 %	23 %	32 %
	Ka. kuorma	575	2 665	6 127	8 465	11 784	18 231	27 817	43 942
	Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus	38 %	6 %	5 %	23 %	4 %	4 %	17 %	3 %

Tavarankuljetustilaston kautta laajentamamme kuorma-autojen määrä eri kokoluokissa ei vastaa täydellisesti katsastusten yhteydessä tallennettuja ajoneuvotietoja. Tavarankuljetustilaston antama ajoneuvojakauma on esitetty yllä olevassa taulukossa kohdissa ”Osuus luokan ajoneuvoista, tav.kuljetus”, kun katsastustietojen perusteella laskettu ajoneuvojakauma on esitetty kohdissa ”Osuus luokan ajoneuvoista, katsastus”. Palaamme tähän tavaraliikenteen tilastoinnin problematiikkaan seuraavassa luvussa.

Arvioimme lopuksi kuorma-autojen eri käyttöluokkien vuotuisen energian kulutuksen huomioimalla niiden keskimääräisen ajosuoritteen ja käytetyn polttoaineen keskikulutuksen eri vuosina. Kuorma-autojen energiankulutus on näin laskien yhteensä energiana noin 35 petajoulea, mikä vastaa noin 1 000 miljoonaa litraa dieselöljyä (Taulukko 30).

**Taulukko 30.** Kuorma-autojen energiankulutus eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020; terajoulea, miljoonaa litraa ja 1 000 tonnia.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Jätteenkeräys</b>	276	263	253	252	264	316
<b>Kaukoliikenne</b>	13 000	13 381	13 647	14 405	13 666	13 039
<b>Kaupunkijakelu</b>	8 770	8 227	7 743	7 402	7 130	7 146
<b>Kunnossapito</b>	443	431	461	494	500	411
<b>Maa-aineskuljetukset</b>	4 315	4 719	4 767	4 831	4 853	5 220
<b>Maakuntajakelu</b>	5 152	5 498	5 973	6 184	6 025	5 862
<b>Puutavarakuljetukset</b>	3 229	2 981	3 061	3 141	2 773	2 332
<b>[TJ]</b>	35 185	35 500	35 905	36 710	35 212	34 326
<b>Dieselöljy [milj.littraa]</b>	988	997	1009	1031	989	964
<b>CO2-päästöt [1000 t]</b>	2 435	2 394	2 357	2 344	2 186	2 070

Kuorma-autojen keskimääräiset energiankulutukset on vedetty yhteen alla olevassa taulukossa. Energiankulutuksen eroja selittää sekä kuljetettu keskimääräinen kuorma että ajon tyyppi. Näin esimerkiksi kaukoliikenteen ja puutavarakuljetusten suhteellisen alhainen energiankulutus selittyy runsaalla maantieajolla sekä puutavarakuljetusten osalta myös runsaana ajona tyhjänä. Toisaalta maa-aineskuljetusten suhteellisen suuri energiankulutus selittyy sekä painavilla kuormilla että runsaalla katuajolla.

**Taulukko 31.** Keskimääräinen energiankulutus kuorma-autoluokittain, MJ/km.

	Kuorma-auto	Yhdistelmä
Jätteenkeräys	9,4	
Kaukoliikenne	7,0	13,4
Kaupunkijakelu	6,6	
Kunnossapito	7,3	24,1
Maa-aineskuljetukset	12,1	28,1
Maakuntajakelu	11,3	10,8
Puutavarakuljetukset	8,0	14,2

### 3.5.3 Tavarankuljetus

Kuorma-autojen tavarankuljetusta on kuvattu kahdessa eri tilastossa: tieliikenteen suoritelaskennassa ja tavaraliikenteen tilastossa. Tilastot ovat kuitenkin hyvin erilaiset. ”Tieliikenteen suoritelaskenta 2018” raportin mukaan puoliperävaunujen liikennesuorite oli 476 milj.km vuonna 2018, perävaunuyhdistelmien 1400 milj.km ja kaikki yhteensä 3411 milj.km (Tilastokeskus, 2019). Tavaraliikenteen tilastossa nuo luvut ovat puoliperävaunujen osalta 323 milj.km, perävaunuyhdistelmien osalta 860 milj.km ja kaikkien yhteensä 1890 milj.km (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2018). Tilastojen laatuselosteessa on kirjoitettu: ”Tieliikenteen tavarankuljetukset on ainoa säännöllisesti tehtävä selvitys kotimaan tieliikenteen tavarankuljetuksista. Väylävirasto mittaa tieverkolla raskaan liikenteen liikennesuoritetta säännöllisesti, mutta Väyläviraston tilastoinnissa ovat mukana linja-autot, ulkomaiset kuorma-autot sekä tavarankuljetukseen soveltumattomat kuorma-autot, jotka jäävät Tilastokeskuksen käyttämän otoskehikon ulkopuolelle. Tästä syystä Väyläviraston ilmoittama raskaan liikenteen liikennesuorite on suurempi kuin Tilastokeskuksen ilmoittama. (Tilastokeskus, 2020a)”

Tavaraliikenteen tilastot perustuvat otokseen, jossa yksi havainto kerrotaan sen edustavuutta kuvaavalla kertoimella – mitä tyypillisempi havainto, sitä suurempi kerroin. Koska tavarankuljetustilaston mukainen ajosuorite on noin 2 mrd km ja laskemamme mittarilukemien mukainen suorite noin 3,3 mrd km, niin tavaraliikenteen tilastoinnissa käytetyt otoskertoimet pitäisi kertoa luvulla 1,6. Haaste on löytää sellaiset kertoimet, että kyseisillä kertoimilla tavarankuljetusotos vastaisi mittarilukemista saatuja arvoja niin perävaunuluokan kuin kuorma-autotyypin suhteen.

Koska suurin osa perävaunuyhdistelmien kilometreistä kuuluu kaukoliikenteen kuorma-autoille sekä puoliperävaunuyhdistelmien osalta maakuntajakelun kuorma-autoille, päädyimme siihen, että niiden osalta kertoimet laskettiin perävaunuluokan mukaan ja muiden ajoneuvoluokkien osalta kuorma-autotyypin mukaan. Tällöin erot suhteessa mittarilukemiin olivat:

**Taulukko 32.** Ero suhteessa mittarilukemiin laajennettaessa mittarilukema-aineistosta tavaraliikenneotokseen.

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Pelkkä kuorma-auto</b>	2 %	-2 %	-1 %	0 %	0 %
<b>Puoliperävaunuyhdistelmä</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Varsinainen perävaunuyhdistelmä</b>	5 %	4 %	7 %	5 %	-1 %
<b>Jätteenkeräys</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>kaukoliikenne</b>	8 %	0 %	9 %	7 %	-1 %
<b>kaupunkijakelu</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>kunnossapito</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Maa-ainekuljetukset</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>maakuntajakelu</b>	3 %	1 %	-3 %	-1 %	0 %
<b>Puutavarakuljetukset</b>	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Yhteensä</b>	3 %	0 %	2 %	2 %	0 %

Esimerkiksi tavarankuljetusotoksen kautta laskettu liikennesuorite vuonna 2019 ”varsinaiselle perävaunuyhdistelmälle” oli 851 miljoonaa kilometriä. Luku kerrotaan vuodelle 2019 ”varsinaiselle perävaunuyhdistelmälle” laskemallamme korjauskertoimella 1,59. Tulokseksi saadaan 1 336 miljoonaa kilometriä, joka on yhden prosenttiyksikön vähemmän kuin mittarilukemien pohjalta arvioimamme liikennesuorite 1 345 miljoonaa kilometriä näille ajoneuvoille.

Kertoimien saaminen kohdilleen on merkityksellistä sen takia, että niiden pohjalta lasketaan myös tavarankuljetustonnit, tonnit/km sekä niiden jakautuminen eri tieosuuksille. Tonnikilometri on liikennesuorite, jolla kuvataan yhden tavaratonnin kulkemaa kilometrin pituista matkaa. Koska arvioimamme ajokilometrit ovat suuremmat kuin mitä

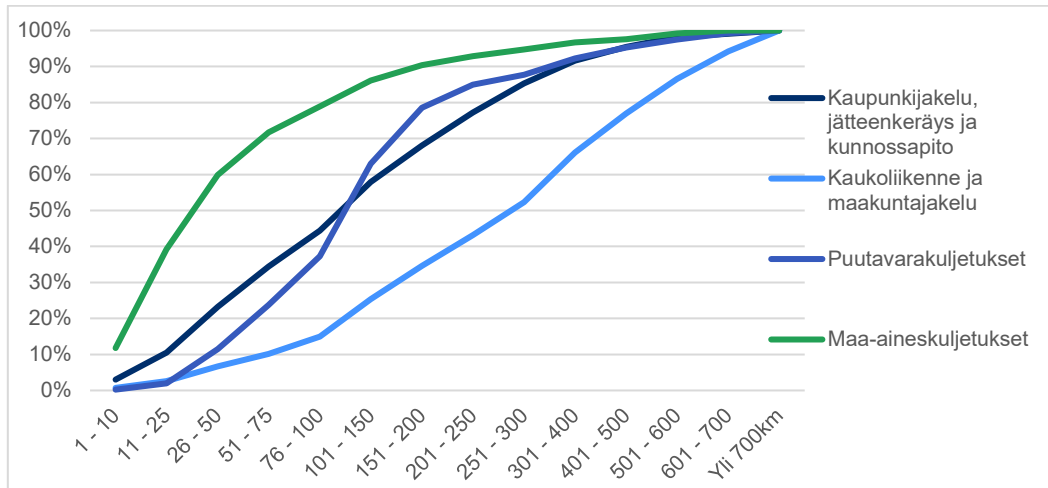
tavarankuljetustilastossa on käytetty, ovat myös kuljetetut tavaramäärät ja kuljetussuoritteet suuremmat. Muutokset tavarankuljetustilastoon esitetty alla olevassa taulukossa (keskiarvot vuosille 2015 – 2019):

**Taulukko 33.** Muutokset liikennesuoritteessa, kuljetetussa tavaramäärässä sekä kuljetussuoritteessa mittarilukemien perusteella arvioiduissa arvoissa suhteessa tavarankuljetustilastoon.

	Liikennesuorite, milj. km	Tavaramäärä, 1000 t	Kuljetussuorite, milj. tkm
<b>Yhteensä</b>	43 %	37 %	41 %
<b>Kuorma-auto ilman perävaunua</b>	49 %	39 %	48 %
<b>Puoliperävaunuyhdistelmä</b>	45 %	40 %	45 %
<b>Varsinainen perävaunuyhdistelmä</b>	36 %	36 %	39 %

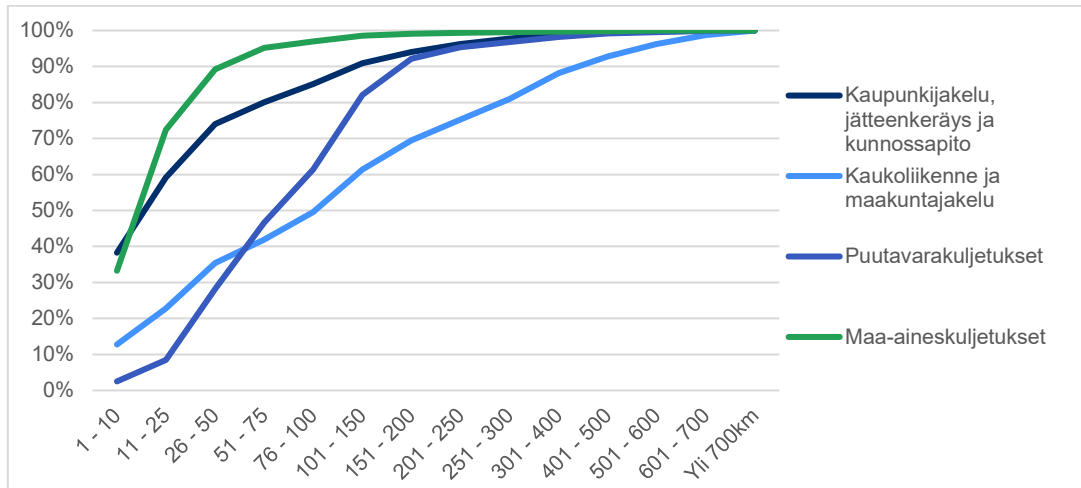
## Kuljetusprofiilit

Tavarankuljetusotoksen tietojen pohjalta voimme tarkastella kuorma-autojen erilaisia käyttötapauksia ja -profiileja. Yhdistämme seuraavassa lähinnä kaupunkialueella liikkuvat kuorma-autoluokat – kaupunkijakelun, jätteenkeräyksen ja kunnossapidon – omaksi kokonaisuudekseen sekä lähinnä maanteillä liikkuvat kuorma-autoluokat kaukoliikenteen ja maakuntajakelun omakseen. Maa-aines- ja puutavarakuljetuksia käsittelemme omina käyttötapauksinaan niiden selkeiden ominaispiirteiden vuoksi. Maantiekuljetusten liikennesuoritteen kertymä neljässä kuorma-autoluokassa on esitetty Kuvassa 39 ja tavaramäärän osalta Kuvassa 40.

**Kuva 39.** Liikennesuoritteiden kertymä neljässä kuorma-autoluokassa.

Maa-aineskuljetuksiin käytettävien kuorma-autojen ajomatkat ovat keskimäärin lyhyimmät: noin 60% ajoista on pituudeltaan alle 50 kilometriä ja 80% alle 100 kilometriä. Puutavarakuljetusten ajomatkat keskittyvät keskipitkille välimatkoille: vain 24% ajoista on pituudeltaan alle 75 kilometriä mutta toisaalta 80% ajoista on pituudeltaan alle 200 kilometriä. Kaukoliikenteen keskimääräiset ajomatkan ovat joukon pisimmät: puolet ajomatkoista on pituudeltaan yli 300 kilometriä.

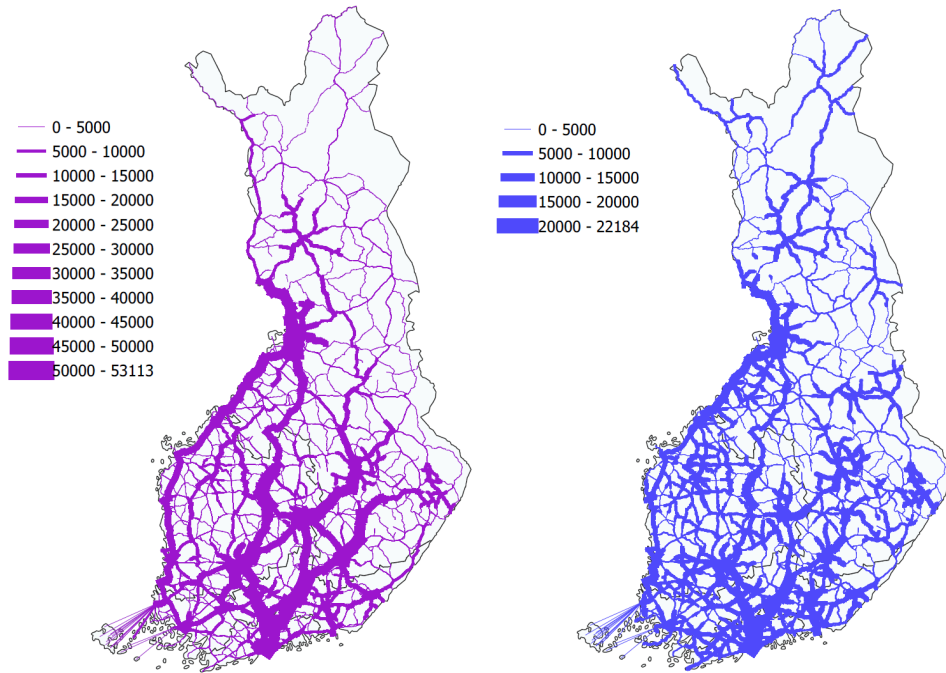
Kaupunkijakelun, jätteenkeräyksen ja kunnossapidon kuorma-autojen ajomatkat ovat ensinäkemältä yllättävän pitkiä: 40% ajoista on pituudeltaan yli 150 kilometriä. Tämä selittyy sillä, että tavarankuljetuksen otosaineistossa kyseisen kuorma-autoluokan koko vuorokauden ajosuorite on tyypillisesti kirjattu yhdeksi ajomatkaksi: jätteenkeräysauto lähtee aamulla talleilta, tyhjentää päivän jäteastioita, todennäköisesti käy tyhjentämässä lastinsa välissä ja palaa illalla talleille ajettuaan 200 kilometriä.

**Kuva 40.** Tavaramäärän kertymä neljässä kuorma-autoluokassa.

Tavaramäärän kertymä seuraa läheisesti liikennesuorituksen kertymää sillä erolla, että raskaampia tavaroita vaikutetaan siirrettävän lyhyempiä matkoja. Esimerkiksi maa-ainekuljetuksissa 90% kuljetetusta massasta kuljetetaan alle 50 kilometrin matka. Maakuljetuksissa saman kunnan alueella tapahtuu melkein kolminkertainen määrä tavarakuljetuksia kuin kuntien välillä, keskimäärin 99 vs 35 miljoonaa tonnia vuodessa vuosina 2015 – 2019.

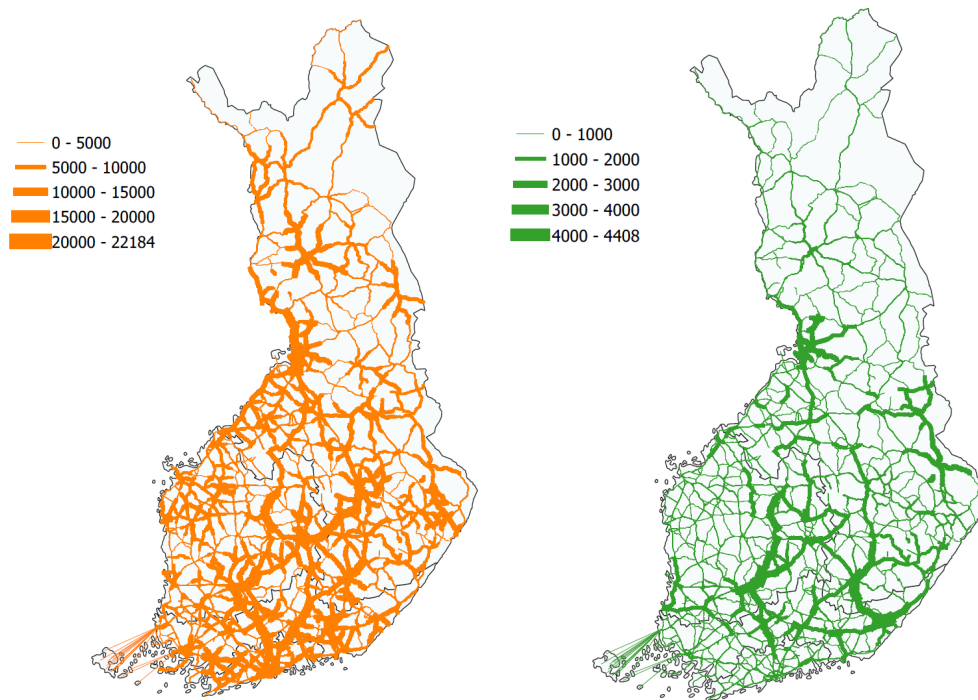
Luokittelumme kuorma-auton käytöstä maa-ainekuljetuksia varten perustui auton kuormakorin tyyppiin, sen tuli olla joko maansiirto- tai lämmitettävä lava. Pitkillä ajo-matkoilla, joita maa-ainekuljetukset -luokan autoilla ajetaan, 10% kuljetuksista kuljetettava matka on yli 150 kilometriä, kuljetettava tavara on maa-ainesta kevyempää, esimerkiksi turvetta, haketta tms. Myös kaupunkijakelun, jätteenkeräyksen ja kunnossapidon kuorma-autoissa 75% kuljetetusta massasta kuljetetaan alle 50 kilometrin matka. Puutavarakuljetuksiin käytettävissä kuorma-autoissa puolestaan 92% kuljetetusta massasta kuljetetaan alle 200 kilometriä. Ilmeisesti nämä autot toimittavat kuormansa lähimpään sopivaan vastaanottopisteeseen mutta voivat ajaa tyhjänä kauaskin hakemaan seuraavaa lastia.

**Kuva 41.** Kaupunkijakelun, jätteenkeräyksen ja kunnossapidon (vasen) sekä kaukoliikenteen ja maakuntajakelun (oikea) tavaramäärän jakautuminen Suomen tiestölle, keskiarvo vuosista 2015 – 2019, miljoonaa tonnia.

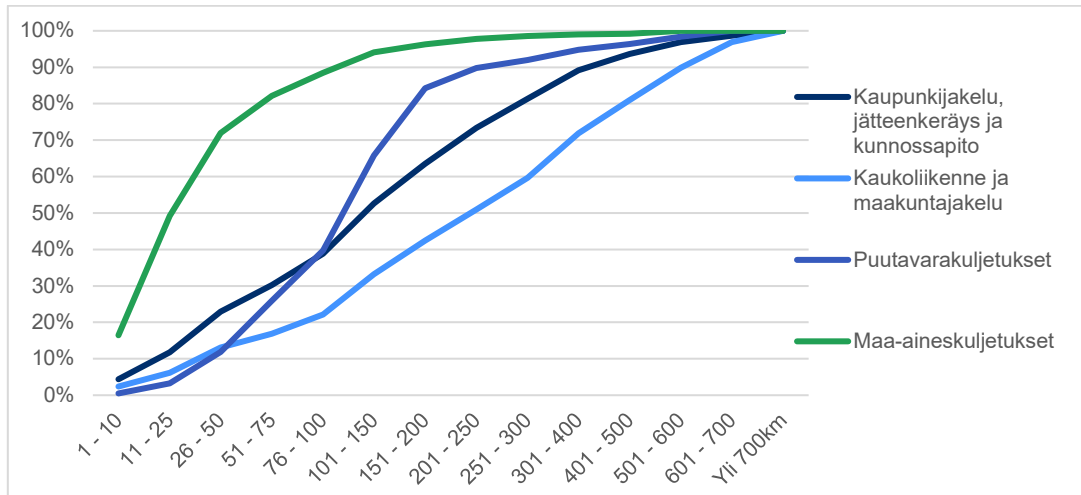




**Kuva 42.** Maa-aineskuljetusten (vasen) ja puutavarakuljetusten (oikea) tavaramäärän jakautuminen Suomen tiestölle, keskiarvo vuosista 2015 – 2019, miljoonaa tonnia.



Tavarankuljetuksen jakautumista Suomen tiestölle on arvioitu yllä olevissa kuvissa (Kuva 42). Laskennan perustana olivat tavarankuljetustilaston pohjalta arvioimamme kuntien väliset tavaravirrat. Kuntien välille haettiin optimaaliset reitit Väyläviraston "merkittävimmillä teillä". Teillä liikkuvat tavaravirrat laskettiin yhteen. Osa tavaraliikenteestä tapahtuu kunnan sisällä, ja esimerkiksi maakuntajakelussa ajon alku- ja lähtöpiste ovat samat, vaikka kuorma-auto kiertääkin maakunnassa. Näissä tapauksissa tieverkosto laajennettiin kattamaan kaikki valtatiet ja kuntien sisäinen liikenne koko kunnan tieverkosto. Maakuntajakelussa tavarankuljetus laajennettiin kattamaan koko maakunta niin että tonnikilometrit summautuvat maakunnassa oikein.

**Kuva 43.** Kuljetussuoritteiden kertymä neljässä kuorma-autoluokassa.

Kuva 43 kuljetussuoritteiden kertymästä yhdistää edellisten kuvien havainnot. Mitattava suure on tonnikilometri, so. liikennesuorite, jolla kuvataan yhden tavaratonnin kulke-  
maa kilometrin pituista matkaa. Esimerkiksi maa-aineskuljetusten kuljetussuoritteesta  
72% tapahtuu alle 50 kilometrin matkalla. Toisaalta kaukoliikenteen ja maakuntajake-  
lun kuljetussuoritteesta puolet tapahtuu yli 250 kilometrin matkoilla.

Kuljetussuoritteiden kertymien vaikutusta vaihtoehtoisten käyttövoimien toteutettavuus-  
teen erityisesti sähkön osalta verrattuna dieseliin ja kaasuun on analysoitu kappalaessa 6. Kuljetusten ja suoritteiden jakautumisen vaikutuksia tai reunaehtoja infra-  
struktuurin ratkaisuille tai vaihtoehtojen kustannustehokkaalle toteutukselle tie- ja väy-  
läverkossa eri kuljetuslajeissa ja käyttötapauksissa, erityisesti huomioiden nousevat  
uudet käyttövoimat ja niiden toteutettavuus, ei ole analysoitu.

## 3.6 Työkoneet

### 3.6.1 Työkoneiden luokittelu ja lukumäärät

Työkoneet on jaoteltu tarkastelussa kolmeen pääluokkaan: maatalous- ja kaupunki-  
työkoneisiin sekä muihin kuin tiellä liikkuviin työkoneisiin (NRMM). Pääluokkien sisällä  
työkoneiden käyttö on jaoteltu useampaan eri käyttöluokkaan, joista merkittävimpiä

ovat maatalouskoneissa traktorit, kaupunkityökoneissa tasaisesti erilaiset kauhakuormaimet, kaivinkoneet, traktorit ja muut moottorityökoneet sekä muissa kuin tiellä liikuvissa työkoneissa metsätraktorit ja (monitoimi)metsäkoneet.

**Taulukko 34.** Työkoneiden luokittelu.

Määrittely	Luokka
Haltijan TOL = B, Kaivostoiminta ja louhinta (05-09) tai Haltijan TOL = 52, Varastointi ja liikennettä palveleva toiminta; ja Ajoneuvoluokka = 09Traktori tai 10Moottorityökone	NRMM
Ajoneuvoluokka = MTK (10Moottorityökone) ja Ajoneuvoryhma = 78, Metsätraktori tai 91, (monitoimi)metsäkone	NRMM
Ajoneuvoryhma = 77, Maansiirtotraktori	NRMM
Ajoneuvoluokka = 09Traktori ja Ajoneuvoryhma = 75, Maataloustraktori; 509, Traktori tai 78, Metsätraktori	Maatalouskone
Ajoneuvoluokka = 09Traktori ja Ajoneuvoryhma = 76, Puutarhatraktori; 79, Teollisuustraktori; 80, Kiinteistötraktori; 81, Liikennetraktori; 927, Yli 60 km/h traktori; 928 - 921, erilaisia pyörillä varustettuja traktoreita tai 94, Lumilinko	Kaupunkityökone
Ajoneuvoluokka = MTK (10Moottorityökone) ja Kuormakorin tyyppi = 14, Muu korirakenne (so. puimuri)	Maatalouskone
Muut: jos Ajoneuvoluokka = 09Traktori	Maatalouskone
Muut: jos Ajoneuvoluokka = 10Moottorityökone	Kaupunkityökone

Työkoneiden lukumäärät eri käyttöluokissa ja niiden kehitys vuosina 2015 – 2020 on esitetty alla olevassa taulukossa. Vaikka tietyt traktorit luokituvatkin kaupunkityökoneiksi, on lukumääräisesti suurin ajoneuvoryhmä ”509, Traktori” määritelty maatalouskoneeksi. Kyseisessä ryhmässä on varmasti myös kaupunkityökoneena käytettäviä traktoreita, joten jaottelu ei ole tältä osin selkeä.

**Taulukko 35.** Työkoneiden lukumäärät eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>NRMM (Non-Road Mobile Machinery)</b>						
<b>Kaivostoiminta sekä varastointi ja liikennettä palveleva toiminta</b>	2 277	2 354	2 412	2 461	2 566	2 592
<b>Metsätraktorit, (monitoimi)metsäkoneet</b>	6 489	6 666	6 666	6 830	6 777	6 618
<b>Maansiirto</b>	1 047	1 069	1 079	1 077	1 038	1 021
	<b>9 813</b>	<b>10 089</b>	<b>10 157</b>	<b>10 368</b>	<b>10 381</b>	<b>10 231</b>
<b>Maatalouskoneet</b>						
<b>Maataloustraktorit</b>	123 358	129 396	134 108	136 362	139 385	141 538
<b>Muu traktorit</b>	258 953	255 297	254 160	254 996	256 941	258 693
<b>Leikkuupuimurit</b>	14 784	13 870	13 371	12 902	12 502	12 191
<b>Muu maatalouskoneet</b>	338	335	347	350	370	362
	<b>397 433</b>	<b>398 898</b>	<b>401 986</b>	<b>404 610</b>	<b>409 198</b>	<b>412 784</b>
<b>Kaupunkityökoneet</b>						
<b>Kauhakuormaimet</b>	14 221	14 484	14 812	15 732	16 847	17 427
<b>Kaivinkoneet</b>	6 224	6 245	6 319	6 530	6 764	7 063
<b>Traktorit</b>	12 994	13 594	14 710	16 893	19 219	20 822
<b>Muut moottorityökoneet</b>	11 937	11 957	12 282	12 728	13 700	14 152
	<b>45 376</b>	<b>46 280</b>	<b>48 123</b>	<b>51 883</b>	<b>56 530</b>	<b>59 464</b>

### 3.6.2 Työkoneiden keskimääräinen polttoaineenkulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt

Työkoneiden energiankulutusta on arvioitu Suomen työkoneiden päästömallin (TYKO) pohjalta (Technical Research Center of Finland (VTT), 2019). Mallissa on arvioitu eri konetyyppien keskimääräistä vuotuista energiankulutusta. Käytetty luokittelu ei ole täysin identtinen Liikenne- ja viestintäviraston Traficom ajoneuvorekisterin luokittelun kanssa, mutta vastaa sitä merkittävimiltä osin.

Arvioimme työkoneiden eri käyttöluokkien vuotuisen energian kulutuksen huomioiden niiden lukumäärät ja keskimääräisen energiankulutuksen eri vuosina. Työkoneiden energiankulutus on näin laskien yhteensä energiana noin 40 petajoulea. Oletamme, että maatalouskoneet ja muut kuin tiellä liikkuvat työkoneet käyttävät polttoaineenaan polttoöljyä, kaupunkityökoneet dieselöljyä. Työkoneiden energiankulutus vastaa tällöin noin 800 miljoonaa litraa polttoöljyä ja 300 miljoonaa litraa dieselöljyä (Taulukko 36).

**Taulukko 36.** Työkoneiden energiankulutus eri käyttöluokissa vuosina 2015 – 2020; terajoulea, miljoonaa litraa ja 1 000 tonnia.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>NRMM (Non-Road Mobile Machinery)</b>						
<b>Kaivostoiminta sekä varastointi ja liikennettä palveleva toiminta</b>	565	584	596	602	627	624
<b>Metsätraktorit, (monitoimi)metsäkoneet</b>	5 930	6 070	6 067	6 219	6 184	6 004
<b>Maansiirto</b>	74	79	79	79	77	79
<b>Yhteensä [TJ]</b>	6 570	6 734	6 741	6 900	6 888	6 708
<b>Maatalouskoneet</b>						
<b>Maataloustraktorit</b>	6 595	6 918	7 170	7 291	7 452	7 567
<b>Muu traktorit</b>	14 008	13 814	13 737	13 697	13 692	13 711
<b>Leikkuupuimurit</b>	563	528	509	491	476	464
<b>Muut maatalouskoneet</b>	21	22	23	23	26	26
<b>[TJ]</b>	21 187	21 282	21 438	21 502	21 647	21 769
<b>Kaupunkityökoneet</b>						
<b>Kauhakuormaimet</b>	4 308	4 387	4 487	4 765	5 103	5 278
<b>Kaivinkoneet</b>	2 600	2 612	2 651	2 745	2 852	2 982
<b>Traktorit</b>	739	771	825	923	1 024	1 097
<b>Muut moottorityökoneet</b>	1 999	2 011	2 065	2 158	2 242	2 270
<b>[TJ]</b>	9 645	9 782	10 028	10 591	11 221	11 628
<b>Yhteensä [TJ]</b>	37 402	37 797	38 208	38 992	39 756	40 104
<b>Polttoöljy [milj.littraa]</b>	777	784	788	795	798	797
<b>Dieselöljy [milj.littraa]</b>	271	275	282	298	315	327
<b>CO2-päästöt [1000 t]</b>	1 680	1 706	1 722	1 760	1 790	1 789

## 3.7 Suoritetietojen yhteenveto ja vertailu virallisiin tilastoihin

Tieliikenteen suoritetietoja hyödynnettäessä on todettu eroja sekä liikennesuoritteen kokonaismäärän osalta että suoritteen jakautumisessa eri ajoneuvotyypeille ja verko-  
nosille, kun tilaston tietoja verrataan esim. tietoihin polttoaineiden kulutuksesta tai val-  
takunnallisen henkilöliikennetutkimuksen tietoihin. Tieliikenteen suorittemäärien lisäksi  
tilastoituihin henkilöliikenteen matkustussuoritteisiin ja tavaraliikenteen kuljetussuorit-  
teisiin liittyy epävarmuutta (Niinikoski and Moilanen, 2017).

### Moottoriajoneuvokanta ja katsastustiedot

Tilastokeskuksen Moottoriajoneuvotilasto on Suomen virallinen tilasto (Suomen  
virallinen tilasto (SVT), 2021b). Tilasto perustuu Liikenne- ja viestintävirasto Trafico-  
min ajoneuvoliikennerekisteriin. Tietoja voidaan luokitella mm. ajoneuvon tyyppin ja  
käyttövoiman mukaan. Moottoriajoneuvotilaston ja laskemamme arviot ajoneuvojen  
kokonaismääristä ovat hyvin pitkälle yhtenevät. Eroavaisuudet selittynevät taval-  
lamme arvioida ajoneuvon vuotuinen ajomäärä kahden eri vuoden mittarilukemien pe-  
rusteella, kts. luku 3.1.1 Autojen lukumäärät. Esimerkiksi vuonna 2015 pakettiautoja  
oli kokovuotisessa ajossa 293 242 kpl, minkä lisäksi 121 053 autoa oli ”väliaikaisesti  
poistettuna” (Bossart *et al.*, 2017).

Traktorien osalta ei matkamittaritietoja ole saatavissa ja siten myös omat arviomme  
niiden kokonaismäärästä perustuu suoraan rekisteritietoon. Tässä tapauksessa eroa  
tarkastelujen välille voi syntyä siitä, mitkä kaikki traktorit sisällytetään nimikkeen alle.  
Käyttämämme jaottelu erittelee esimerkiksi metsätraktorit, maataloustraktorit, muut  
maatalouden traktorit ja kaupunkityökoneena käytettävät traktorit.

**Taulukko 37.** Moottoriajoneuvotilaston vs. laskemamme arviot ajoneuvojen kokonaismääristä eri ajoneuvoluokissa.

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	Keskiarvo
<b>Henkilöautot</b>	Tilasto	2 612 922	2 629 432	2 668 930	2 696 334	2 720 307	2 748 448	2 679 396
		2 576 196	2 659 788	2 712 096	2 710 034	2 750 049	2 758 458	2 694 437
<b>Paketti-autot</b>	Tilasto	307 706	311 376	319 460	325 656	330 671	338 389	322 210
		292 855	301 033	314 002	318 083	319 288	335 804	313 511
<b>Kuorma-autot</b>	Tilasto	95 250	94 780	95 948	96 169	95 141	94 691	95 330
		97 922	99 875	101 073	102 068	99 708	94 651	99 216
<b>Linja-autot</b>	Tilasto	12 455	12 471	12 623	12 481	12 577	9 955	12 094
		10 954	11 509	12 012	11 319	11 818	11 824	11 573
<b>Traktorit</b>	Tilasto	395 060	398 250	403 314	408 547	415 786	422 041	407 166
		395 305	398 287	402 978	408 251	415 545	421 053	406 903

## Tietilasto

Tietilasto on Suomen virallinen tilasto (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021d). Tietilasto sisältää tiedot Manner-Suomen maantieväylistä ja maantieliikenteen tunnusluvuista, kuten liikennesuoritteista ja keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä. Suoritteiden tilastointi tehdään alueittain ja tieluokittain. Liikennesuoritteet on tilastoitu käyttäen 4-luokkaista ajoneuvoluokitusta (henkilöautot, kuorma-autot, pakettiautot, linja-autot). Suoritteessa erotellaan maantiet ja kadut/yksityistiet. Maanteiden osalta suoritiedot tuotetaan Liikenneviraston Tierekisterin tiedoista, joita ylläpidetään systemaattisesti liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) ja yleisen liikennelaskennan tietojen pohjalta (Kiiskilä, Tuominen and Saastamoinen, 2016). Katujen ja yksityisteiden sekä henkilö- ja pakettiautojen laskentatapojen muutosten vuoksi liikennesuoritteiden ja henkilöliikennesuoritteiden luvut eivät ole täysin vertailukelpoisia aikaisempien vuosien kanssa vuodesta 2016 alkaen.

**Taulukko 38.** Tietilaston vs. laskemamme arviot ajosuoritteista eri ajoneuvoluokissa.  
(Milj. ajoneuvo-km)

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Henkilöautot</b>	Tilasto	47 355	40 719	40 614	40 718	40 718	
		35 490	36 988	37 328	37 524	36 598	35 299
<b>Pakettiautot</b>	Tilasto	3 925	5 514	5 611	5 693	5 726	
		4 538	4 690	4 805	4 961	4 618	4 853
<b>Kuorma-autot</b>	Tilasto	3 285	3 493	3 370	3 411	3 342	
		3 291	3 257	3 250	3 281	3 145	3 064
<b>Linja-autot</b>	Tilasto	580	635	630	614	601	
		522	546	566	540	536	532
<b>Yhteensä</b>	Tilasto	55 087	50 272	50 161	50 362	50 322	
		43 841	45 481	45 950	46 307	44 898	43 748

Tietilaston antamat ajosuoritteet ovat noin 10% suuremmat kuin omat arviomme. Ajosuoritteen ja ajoneuvojen määrän pohjalta voimme laskea keskimääräisen vuotuisen ajomäärän. Nämä on ilmoitettu alla olevassa taulukossa. Sama 10% ero keskimääräisissä ajomäärissä peilautuu näihinkin lukuihin, koska ajoneuvojen lukumäärä on pitkälti sama. ALIISA-autokantamallissa käytetyt arvot (oikean puoleisin sarake alla olevassa taulukossa) ovat vielä hieman suuremmat kuin Tietilaston pohjalta lasketut keskimääräiset vuotuiset ajomäärät.

Henkilöautojen keskimääräiset vuotuiset ajomäärät ovat pienentyneet viime vuosina. Ilmiö on selitettävissä ajoneuvokannan kasvun painottumisella talouksien kakkosautoihin, joiden ajosuorite on pienempi kuin ykkösautoilla. Tilastojen pohjalta lasketut keskimääräiset ajomäärät eivät kuitenkaan ole yhtenevät Tilastokeskuksen erillislaskentana toteuttaman keskimääräisen ajomäärän arvioinnin kanssa (vasemmanpuoleinen 2015 arvo) (Bossart *et al.*, 2017). Vuosina 2017 ja 2018 henkilöautoilla todettiin ajettavan keskimäärin 13 951 ja 13 794 kilometriä (Konttinen, 2019). Nämä erikseen ilmoitetut arvot ovat linjassa laskemiemme arvioiden kanssa, linja-autot pois lukien. Linja-autoja tarkastelemme tarkemmin seuraavassa Julkisen liikenteen suoritetilasto - osiossa.



**Taulukko 39.** Tietilaston vs. laskemamme arviot keskimääräisistä vuotuisista ajomääristä (km/a) eri ajoneuvoluokissa (vuoden 2015 ensimmäinen lukusarja Tieliikenteen suoritelaskennan kehittäminen –raportista; vuoden 2019 jälkimmäinen lukusarja ALIISA-autokantamallista).

		2015	2015	2016	2017	2018	2019	2019
<b>Henkilöautot</b>	Tilasto	14 372	17 945	15 320	15 104	14 971	14 838	15 001
			13 776	13 906	13 764	13 846	13 308	
<b>Pakettiautot</b>	Tilasto	16 216	12 698	17 610	17 546	17 443	17 239	17 334
			15 168	15 494	15 580	15 301	15 598	
<b>Kuorma-autot</b>	Tilasto	30 963	33 664	35 917	34 378	34 673	33 962	34 636
			33 610	32 606	32 159	32 145	31 544	
<b>Linja-autot</b>	Tilasto	55 737	46 605	51 070	50 223	49 081	48 331	47 749
			47 684	47 434	47 141	47 740	45 355	

Tietilaston kokonaissuoritteiden määrien oikeellisuutta on kyseenalaistettu. Katuverkon tiedot perustuvat arvioihin. Maantieverkon suoritteiden kokonaismäärä perustuu laskentoihin, mutta suoritteen jakautumiseen ajoneuvoluokittain liittyy epävarmuutta, koska käytössä olevat laskentajärjestelmät eivät riittävässä tarkkuudessa erottele henkilö- ja pakettiautoja eivätkä busseja ja kuorma-autoja toisistaan (Niinikoski and Moilanen, 2017).

## Julkisen liikenteen suoritetilasto

Julkisen liikenteen suoritetilasto on tuotettu Liikenneviraston toimeksiannosta Tilastokeskuksessa kahden vuoden välein (Traficom, 2020). Tilastoinnissa on mukana kotimaan henkilöliikenteestä raideliikenne, linja-autoliikenne, taksiliikenne ja lentoliikenne. Linja-autojen suoritteiden pohjana käytetään liikennelaitosten, Helsingin seudun liikenteen (HSL) ja Linja-autoliiton (LAL) suoritetietoja. LAL:oon kuuluvat lähes kaikki suuret yhtiömuotoiset yritykset ja tietojen kattavuus linja-automäärän suhteen on yli 90 %. LAL:n toimittamiin ajokilometreihin ei sisälly siirto- ja huoltoajoa.

Vaikka laskemamme linja-autojen ajosuoritteet ovat pienemmät kuin Tietilaston ilmoittamat arvot, ovat ne suuremmat kuin Julkisen liikenteen suoritetilaston arvot. Julkisen liikenteen suoritetilasto ei kuitenkaan sisällä em. siirto- ja huoltoajoa eikä yksityistä linja-autoliikennettä, jonka suuruudeksi arvoimme noin 20 miljoonaa kilometriä vuodessa. Arviomme linja-autojen ajosuoritteesta on keskiarvo Tietilaston ja Julkisen liikenteen suoritetilasto välillä.

**Taulukko 40.** Tietilaston, laskemamme vs. Julkisen liikenteen suoritetilaston arviot linja-autojen ajosuoritteista vuosina 2015 – 2018. (Milj. ajoneuvo-km)

	2015	2016	2017	2018
<b>Tietilasto</b>	580	635	630	614
<b>Oma laskenta</b>	522	546	566	540
Kaupunkiliikenne	237	247	262	248
Reittiliikenne	147	150	149	142
Syöttöliikenne	9	11	12	11
Tilausliikenne	110	116	123	120
Yksityiset linja-autot (ei lupaa)	20	21	21	20
<b>Julkisen liikenteen suoritetilasto</b>	443	453	474	439
Kaukoliikenne	68	77	84	66
Suurten kaupunkien liikenne	140	142	145	140
Keskisuurten kaupunkiseutujen liikenne	35	35	35	36
Muu joukkoliikenne	114	114	114	110
Säännöllinen tilausliikenne	25	25	28	22
Muu tilausliikenne	61	60	68	65

## Tieliikenteen tavarankuljetustilasto

Tieliikenteen tavarankuljetustilasto (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021c) tuotetaan Tilastokeskuksessa otostilastona neljännesvuosittain tehtävän kyselytutkimuksen perusteella. Tutkimus kohdistetaan satunnaisotannan perusteella ajoneuvorekisteristä tutkimukseen valittujen kuorma-autojen haltijoille. Otosaineiston tulokset korotetaan tilastollisin menetelmin koskemaan koko otoskehikkoa ja vuosineljänneistä. Tilasto käsittelee suoritteiden osalta matka- ja tavaramäärät sekä kuljetussuoritteiden tonnikilometreinä ja liikennesuoritteiden kilometreinä. Tilasto on luokiteltu yksityiseen ja luvanvaraiseen liikenteeseen sekä ajoneuvon osalta ajoneuvotyypeittäin kuorma-autoihin ilman perävaunua, puoliperävaunulla sekä täysperävaunulla.

Tieliikenteen tavarankuljetustilaston arvio kuorma-autojen ajosuoritteista on huomattavasti pienempi kuin Tietilaston sekä laskemamme arvio. Alla olevassa taulukosta nähdään, että ero on suurin pienimpien kuorma-autojen kohdalla.

**Taulukko 41.** Tieliikenteen tavarankuljetustilaston vs. laskemamme arviot eri kuorma-autotyyppien ajosuoritteista vuosina 2015 – 2019, miljoonaa ajoneuvokilometriä.

		2015	2016	2017	2018	2019	KA 2015-19	Ero
<b>Kuorma-auto ilman perävaunua</b>	Tilasto	607	725	750	707	753	708	
		1 559	1 454	1 371	1 313	1 265	1 392	+97 %
<b>Puoliperävaunu-yhdistelmä</b>	Tilasto	245	254	292	323	285	280	
		443	479	524	543	536	505	+80 %
<b>Varsinainen perävaunuyhdistelmä</b>	Tilasto	758	896	916	860	856	857	
		1 290	1 324	1 355	1 424	1 345	1 348	+57 %
<b>Yhteensä</b>	Tilasto	1 611	1 876	1 959	1 890	1 896	1 846	
		3 291	3 257	3 250	3 281	3 145	3 245	+76 %

## LIPASTO-laskentajärjestelmä

LIPASTO on nimitys VTT:n kehittämälle päästölaskentamallille (Technical Research Center of Finland (VTT), 2017). Laskentajärjestelmä koostuu viidestä pääalamallista: autokantamalli ALIISA, tieliikennemalli LIISA, rautatieliikennemalli RAILI, vesiliikennemalli MEERI ja työkoneiden malli TYKO. LIPASTO-järjestelmä päivitetään Tilastokeskuksen toimeksiannosta aina laskentavuoden jälkeisen vuoden keväällä. Päivityksen tekee VTT, jolle Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja VR toimittavat tie-, vesi- ja rautatieliikennettä koskevat uudet laskennan lähtötiedot vuoden alussa.

LIPASTO-laskentajärjestelmässä tieliikennettä käsitteleviä osamalleja ovat autokantamalli ALIISA ja tieliikennemalli LIISA. LIPASTO-laskentajärjestelmässä ajoneuvojen määrät seuraavat Tilastokeskuksen Moottoriajoneuvotilaston tietoja ja ovat siten hyvin lähellä laskemiamme arvoja. Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet seuraavat puolestaan Tietilaston arvoja. ALIISA-mallissa on virallisen tilaston mukainen suoritelmäärä kuitenkin koettu ongelmalliseksi. Erityisesti henkilöautosuoritteen ja bensiinin myyntimäärien välillä on ollut ristiriitaa. Järjestelmää kehitettäessä on lähtökohtana ollut oletus, että polttoaineiden myyntitieto on hyvin luotettavaa ja liikennesuoritteet on sovitettu tätä tietoa vastaaviksi (Niinikoski and Moilanen, 2017). Ongelmaan liittyy myös

tieliikenteen polttoaineiden (benssiini ja diesel) käyttö muissa kohteissa, kuten työkohteissa ja vesiliikenteessä, jota ei ole erikseen tilastoitu, vaan niiden osuus perustuu asiantuntija-arvioon.

Henkilöautosuoritteen ja Tietilaston välillä on ristiriitaa. Vuonna 2019 benssiinikäyttöisillä henkilöautoilla todettiin ajettavan keskimäärin 11 000 kilometriä ja dieselkäyttöisillä 19 900 kilometriä. Kaikista henkilöautojen ajokilometreistä 57 prosenttia todettiin ajettavan benssiinikäyttöisillä ja 41 prosenttia dieselkäyttöisillä autoilla (Tilastokeskus, 2020b). Mutta jos vuotuinen henkilöautojen ajosuorite olisi 40,7 mrd kilometriä ja koska benssiinikäyttöisiä henkilöautoja on 71% henkilöautokannasta (Autoalan Tiedotuskeskus, 2021), tarkoittaisi tämä keskimääräistä 12 100 kilometrin ajosuoritetta benssiinikäyttöisille henkilöautoille ja 22 000 kilometrin ajosuoritetta dieselkäyttöisille henkilöautoille, mikä on ristiriidassa edellisen kanssa.

Tietilastosta laskettu benssiinikäyttöisten henkilöautojen 23,2 mrd kilometrin ajosuorite on lähellä arviotamme benssiinikäyttöisten henkilöautojen 22,4 mrd kilometrin ajosuoritteesta, mutta omassa arviossamme näiden autojen osuus kaikista henkilöautojen ajokilometreistä 61 prosenttia (Taulukko 6) ja keskimääräinen vuotuinen ajosuorite 11 880 kilometriä. Tilastokeskuksen erillisraportissa todettiin: "Dieselkäyttöisillä autoilla ajettiin vuonna 2015 keskimäärin 16 084 kilometriä, kun taas benssiinikäyttöisillä autoilla ajettiin melkein kolmanneksen vähemmän eli 11 695 kilometriä (Bossart *et al.*, 2017)."

Merkittävin LIPASTOn ja omien arviottemme välinen ero liittyy kuitenkin kuorma-autojen energian kulutukseen. Jo LIPASTOn perävaunullisille kuorma-autoille arvioitu energian kulutus, noin 34 PJ kattaa oman arviomme kuorma-autojen energian kulutuksesta. LIPASTOn dieselkäyttöisten ajoneuvojen lähes 110 petajoulen energian kulutus vuonna 2018 tarkoittaisi yli kolmen miljoonan litran dieselöljyn kulutusta, mikä kattaisi kaiken dieselöljyn myynnin Suomessa, mutta missä luvussa ei olisi vielä mukana dieselkäyttöiset työkoneet. Oma arviomme työkoneiden energian kulutukselle on noin 800 miljoonaa litraa polttoöljyä ja 300 miljoonaa litraa dieselöljyä (Taulukko 36).

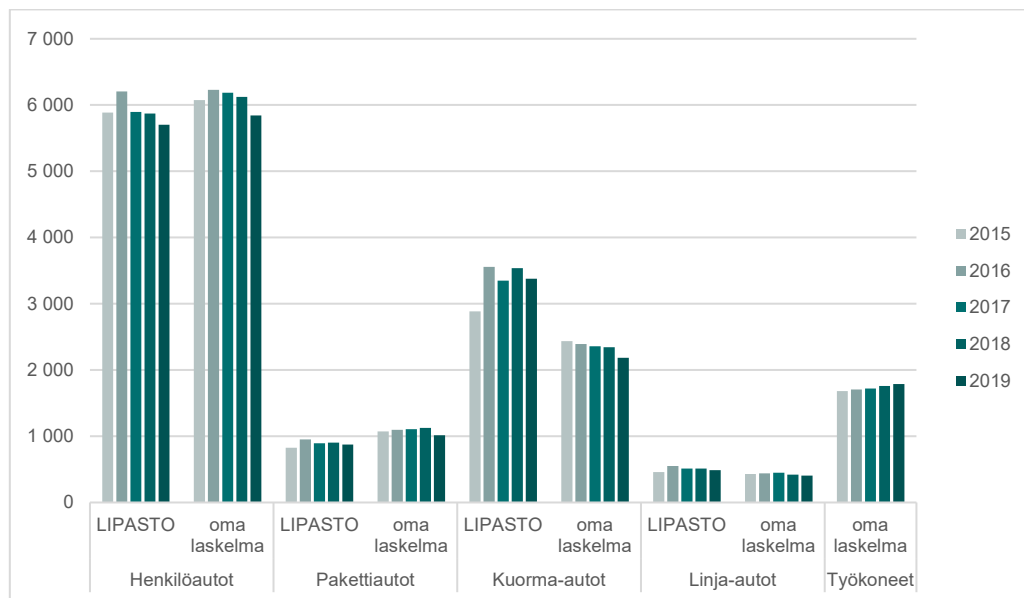
**Taulukko 42.** LIPASTOn vs. laskemamme arviot eri ajoneuvoluokkien energiankulutuksille vuosina 2015 – 2019, terajoulea.

		2015	2016	2017	2018	2019
<b>Henkilöautot</b>	LIPASTO	89 745	89 856	88 647	87 979	86 693
		87 812	91 539	92 439	93 086	90 467
<b>Pakettiautot</b>	LIPASTO	13 582	13 497	13 764	13 706	13 565
		13 133	13 745	14 231	14 921	13 825
<b>Kuorma-autot</b>	LIPASTO	47 569	50 487	51 471	53 514	52 381
		35 185	35 500	35 905	36 710	35 212
<b>Linja-autot</b>	LIPASTO	7 568	7 834	7 903	7 782	7 609
		6 207	6 541	6 850	6 577	6 558
<b>Yhteensä</b>	LIPASTO	158 464	161 674	161 785	162 981	160 248
		151 982	157 107	159 453	161 884	157 283

Yhteensä –arviossamme on laskettu mukaan kaupunkityökoneiden energiankulutus, noin 10 PJ/v (kts. Taulukko 28).

Eri ajoneuvoluokkien energiankulutuksien pohjalta arvioidut liikenteen CO<sub>2</sub>-päästöt ja niiden kehittyminen viimeisimpien vuosien aikana on esitetty alla olevassa kuvassa.

**Kuva 44.** LIPASTOn vs. laskemamme arviot eri ajoneuvoluokkien CO<sub>2</sub>-päästöille vuosina 2015 – 2019, 1 000 tonnia.



## Liikenteen energiankulutus

Liikenteen energiankulutustilasto on osa Energian hankinta ja kulutus –tilastoa (Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021a), Suomen virallista tilastoa, joka julkaistaan vuosittain. Tilastossa esitetään tietoja energian kokonaiskulutuksesta, sähkön tuotannosta ja kokonaiskulutuksesta sekä energian tuonnista ja viennistä. Energian kokonaiskulutus esitetään polttoaineittain ja energialähteittäin koko maan tasolla Suomessa. Eri ajoneuvoluokkien ajosuoritteiden ja keskimääräisten polttoaineen kulutusten perusteella arvioimamme öljytuotteiden kulutus kattaa noin 95% moottoribensiinin ja dieselöljyn kulutuksesta sekä 43% kevyen polttoöljyn kulutuksesta. Kevyen polttoöljyn työkoneissa polttoaineena käytettyä osuutta on vaikea arvioida. Esimerkiksi maatalousyrittäjät käyttävät polttoöljyä mm. traktoreiden ja leikkuupuimureiden polttoaineena sekä rakennusten lämmitykseen sekä viljan kuivatukseen.

**Taulukko 43.** Öljytuotteiden myynti kotimaahan vs. ajosuoritteiden ja keskimääräisen polttoaineen kulutuksen perusteella arvioimamme öljytuotteiden kulutus, miljoonaa litraa.

		2017	2018	2019	2020	KA 2017-2020	Osuus
Moottoribensiini	Tilasto	1 919	1 903	1 864	1 781	1 867	
		1 831	1 852	1 770	1 612	1 766	95 %
Dieselöljy	Tilasto	3 068	3 118	3 087	2 914	3 047	
		2 862	2 911	2 855	2 900	2 882	95 %
Kevyt polttoöljy	Tilasto	1 864	1 900	1 878	1 824	1 867	
		788	795	798	797	795	43 %

Vuoden 2020 öljytuotteiden myynti on arvioitu lineaarisesti 10/2020 tiedon perusteella.

## Suoritetietojen yhteenveto

Tieliikenteen suoritteista on tuotettu tietoa moniin eri tutkimuksiin perustuen. Tietoja on kuitenkin tuotettu erilaisiin tarpeisiin eivätkä ne ole muodostaneet yhtenäistä kokonaiskuvaa Suomen liikennesuoritteista. Julkisen liikenteen suoritetilaston ja Tieliikenteen tavarankuljetustilastoon tiedot kuvaavat kuljetustoiminnan suoritteita linja-autojen ja kuorma-autojen osalta. Kokonaissuoritteet näissä tilastoissa jäävät kuitenkin selvästi pienemmiksi kuin Tietilaston suoritemäärät.

Oma arviomme eri ajoneuvoluokkien liikennesuoritteista perustuu kaikilta osin matkamittaritietojen pohjalta laskettuihin arvoihin (kuorma-autojen tavaraliikenteen osalta kertoimien kautta). Lopputuloksena syntyvä arvio öljytuotteiden kulutuksesta on uskottava ja seurannut myös niiden myynnin kehittymistä viimeisen viiden vuoden aikana.

## 4 Nykyisten ja vaihtoehtoisten ohjauskeinojen analyysi

### 4.1 Jo käytössä olevat ohjauskeinot ja niiden arvioitu vaikuttavuus: tuloksia tutkimuskirjallisuudesta

Valtiolla on erilaisia keinoja vaikuttaa yritysten ajoneuvojen ja työkoneiden hankintapäätöksiin, ja sitä kautta ajoneuvo- ja työkonekantaan. Ohjauskeinot ja kannustimet voivat olla monenlaisia. Voidaan esimerkiksi tukea tietynlaisten ajoneuvojen ja työkoneiden hankintaa rahallisesti, tarjoamalla niille veroetuja tai –vapauksia tai hankintatukia tai vanhan ajoneuvon romutukseen sidottuja palkkiota. Ei-rahallisia kannustimia ovat esimerkiksi erilaiset velvoitteet ja määräykset, kuten biopolttoaineen jakeluvolvoite tai EU:n ajoneuvojen päästönormit, tai tietyn tyyppisille ajoneuvoille suunnatut erivapaudet, kuten joukkoliikennekaistojen käyttöluvut. Usein myös ei-rahalliset kannustimet aiheuttavat kustannuksia, ne eivät vain ole yhtä näkyviä kuin vaikkapa muutokset verotuksessa.

Seuraavassa käydään läpi erilaisia olemassa olevia ohjauskeinoja ja arvioidaan niiden vaikuttavuutta tutkimuskirjallisuuden perusteella. Valtaosa tutkimuksista koskee kotitalouksien omistamia ajoneuvoja. Talousteorian perusteella voidaan ajatella, että vaikutukset yritysten ajoneuvo- ja työkonevalintoihin olisivat samansuuntaisia kuin vaikutukset kotitalouksien valintoihin. Yritykset saattavat kuitenkin toisaalta olla paremmin informoituja kuin kotitaloudet ja ottaa huomioon ajoneuvon tai työkoneen koko käyttöajan kustannukset huomioon kuluttajia paremmin. Kuluttajien on joissakin tutkimuksissa havaittu painottavan hankintahintaa enemmän kuin käyttökustannuksia, mutta tutkimusnäyttö ei ole yhtenäistä; joissakin tutkimuksissa kuluttajien on arvioitu huomioivan myös käyttökustannukset jokeenkin täysimääräisinä.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Esimerkiksi Gillingham, Houde ja van Benthem (2019) sisältää yhteenvedon tutkimuskirjallisuudesta.



### 4.1.1 Autojen verotus: autovero

Autojen ostopäätöksiä pyritään Suomessa ohjaamaan autoverotuksen kautta. Uuden henkilöauton tai pakettiauton oston yhteydessä maksettava autovero on porrastettu hiilidioksidipäästöjen mukaan. Tämä on myös tukimuoto, sillä porrastus alentaa esimerkiksi ladattavan hybridin hintaa verrattuna saman automallin bensiiniversioon. Täyssähköautoista maksetaan Suomessa kaikkein alinta autoveroa.

Autoveroa ei makseta seuraavista henkilö- ja pakettiautojen luokkaan kuuluvista ajoneuvoista: taksiliikenteeseen ensirekisteröity auto, koulukuljetukset, esteettömät ajoneuvot, pelastusauto, sairausauto, eläinlääkintäauto ja ruumisauto. Myöskään linja-autoista ja kuorma-autoista ei makseta autoveroa. Poikkeuksena pienet linja-autot, joiden massa on alle 1875 kg. Näistä maksetaan veroa 31,7 prosenttia auton verotusarvosta.

Tutkimukset suomalaisella ja keskieurooppalaisilla aineistoilla ovat osoittaneet, että autoveron porrastus päästöjen mukaan vähentää uusien autojen päästöjä keskimäärin (D'Haultfoeuille, Givord, Boutin, 2013; Gerlagh et al., 2018; Stitzing, 2016). Vähennykset ovat kuitenkin olleet pieniä suhteessa yleiseen päästökehitykseen, jota ajavat voimakkaasti EU:n asettamat päästöstandardit. Esimerkiksi EU15-maita koskevan tutkimuksen mukaan päästöperusteiset hankintaverot ovat vuosina 2001-2010 parantaneet uusien autojen polttoainetehokkuutta 1,3 prosenttia (Gerlagh et al., 2018). Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että koska veromuutokset ovat keskimäärin laskeneet veroasteita, ne ovat johtaneet lisääntyneeseen autojen kysyntään ja tätä kautta ajoneuvokannan kasvuun. Suomessa vuosina 2003, 2008 ja 2012 tehdyt autoverojen muutokset eivät kuitenkaan näytä vaikuttaneen merkittävästi uusien autojen määrään tai heijastuneen vanhojen autojen poistumiseen autokannasta (Harju ym. 2018).

Henkilö- ja pakettiautojen tarjonta on muuttumassa, sillä ladattavien hybridien ja täyssähköautojen osuus mallistoissa on kasvanut huomattavasti. On oletettavaa, että lisääntyvä tarjonta ja edullinen verokohtelu edistävät vaihtoehtoisten käyttövoimien osuutta uusissa henkilö- ja pakettiautoissa. Vastaavaa verokannustinta ei ole raskailla ajoneuvoille, joista ei makseta autoveroa. Raskaassa liikenteessä vaihtoehtoisten käyttövoimien valikoima on rajoitetumpi kuin henkilö- ja pakettiautoissa.

### 4.1.2 Autojen verotus: ajoneuvovero

Vuosittain maksettava ajoneuvovero koskee henkilö-, paketti- ja kuorma-autoja. Henkilö- ja pakettiautojen ajoneuvovero koostuu perusverosta, joka on porrastettu auton CO<sub>2</sub>-päästöjen mukaan, sekä käyttövoimaverosta, jota peritään, mikäli käyttövoima on

jokin muu kuin bensiini. Käyttövoimavero määritellään sentteinä alkavaa sataa kiloa kohti. Henkilöautojen osalta veron taso on eritelty käyttövoiman mukaan. Esimerkiksi dieselkäyttöiselle henkilöautolle käyttövoimavero on 5,5 snt/100 kg ja täyssähköautolle 1,5 snt/100 kg.

Pakettiautojen sekä matkailu- ja huoltoautojen käyttövoimavero on 0,9 senttiä per alkava 100 kg. Toisin kuin henkilöautojen kohdalla, paketti-, matkailu- ja huoltoautojen käyttövoimaveroa ei ole eritelty eri käyttövoimille.

Kuorma-autojen ajoneuvovero puolestaan koostuu käyttövoimaverosta sekä mahdollisesta vetolaitelisästä. Käyttövoimaveron suuruus riippuu auton painosta, akselien määrästä sekä perävaunun vetomahdollisuudesta ja vaunutyyppistä, mutta ei suoraan päästöistä. Linja-autoilta, pelastusautoilta ja sairasautoilta ei peritä ajoneuvoveroa.

Päästöporrastettu ajoneuvovero muodostaa toistuvan rahallisen edun sähköauton tai vähän polttoainetta kuluttavan auton omistajalle. Toistuvasti maksettavalla verolla on havaittu olevan samankaltaiset vaikutukset kuin oston yhteydessä maksettavalla verolla: se kasvattaa vähäpäästöisempien autojen myyntiä. Brittiläisellä aineistolla tehdyn tutkimuksen mukaan autojen kysynnän jousto veron suhteen oli -0,30: jos veroa nostetaan 1 prosentti, kysyntä vähenee 0.3 prosenttia (Cerruti, Alberini, Linn, 2017). Lisäksi toistuva, koko ajoneuvokantaa koskeva vero voi edistää korkeampaa veroa maksavien autojen poistumista ajoneuvokannasta. Sveitsissä tarkasteltiin ajoneuvoveron vaikutuksia, kun vuosittain maksettavaan veroon lisättiin CO<sub>2</sub>-perusteinen porrastus. Aiemmin vero perustui muihin auton ominaisuuksiin, kuten painoon tai moottorin tehoon. Kantonit asettavat veron itsenäisesti, joten eri toteutustapaa voitiin verrata kantonien kesken. Jos päästöperusteisuus ulottui koko ajoneuvokantaan, korkeampaa veroa maksavien autojen odotettu elinikä lyheni noin 5 prosenttia. Sen sijaan, jos veromuutos koski vain uusia rekisteröintejä, vanhojen autojen odotettu elinikä kasvoi 3,5 prosenttia. Tämä johtui siitä, että uudet autot muuttuivat suhteessa kalliimmiksi. (Alberini et al., 2018).

Ajoneuvoveron vaikutusta ei ole tutkittu suomalaisella aineistolla. Voidaan kuitenkin olettaa, että vaikutukset Suomessa ovat samansuuntaisia kuin muualla havaitut vaikutukset; päästöjen mukaan porrastettu toistuva vuosittainen vero kannustaa ostamaan vähäpäästöisempiä autoja ja edistää saastuttavimpien autojen poistumista kannasta. Henkilöautojen osalta voimassa olevat verotasot nostavat huomattavasti dieselauton omistamisen kustannuksia muihin käyttövoimiin verrattuna, millä pyritään tasaamaan dieselpolttoaineen bensiiniä alhaisemman veron tuottamaa etua käyttökustannuksissa.

### 4.1.3 Ajamisen verotus: käyttövoimien verotus

Auton käyttökustannukset muodostavat merkittävän osan autoilun kokonaiskustannuksista, joten polttoaineen hinnalla on vaikutusta paitsi ajomääriin, myös autojen hankintapäätöksiin. Maaliikennetoimialalla polttoainekustannusten osuus yritysten kokonaiskustannuksista oli vuosina 2010-2014 keskimäärin 9,6 prosenttia (minimi 7,8 prosenttia ja maksimi 11,8 prosenttia, Sipilä ym. 2018).

Suomessa kaikkia muita autojen käyttövoimia paitsi biokaasua verotetaan. Nestemäisten polttoaineiden verotus koostuu energiasisältöön sekä hiilidioksidipäästöihin perustuvista veroista sekä huoltovarmuusmaksusta. Liikennepolttoaineista bensiinillä on korkein kokonaisveroaste. Henkilöautojen osalta kustannuserot bensiinin, kaasun ja sähkön välillä tekevät kaasu- ja sähköautoista ajokustannuksiltaan halvimpia.

Diesel on vallitseva polttoaine muissa kuin henkilöautoissa. Reilusti yli 90 prosenttia nykyisen ajoneuvokannan pakettiautoista, linja-autoista ja kuorma-autoista käyttää dieseliä ainoana käyttövoimana. Näissä ajoneuvoluokissa vaihtoehtoisten käyttövoimien saatavuus on toistaiseksi rajallinen. Työkoneiden polttoaineenkulutuksesta noin 90 prosenttia on dieselpolttoainetta (Nylund, Söderena ja Rahkola 2016).

Polttoaineiden verotuksen vaikutusta ajamiseen tai työkoneiden käyttöön ei ole tutkittu suomalaisella aineistolla. Laaja kansainvälinen tutkimuskirjallisuus on osalta osoittanut, että korkeampi polttoaineen hinta on lisännyt vähemmän polttoainetta kuluttavien autojen myyntiä. Tutkimukset koskevat yksityishenkilöiden ostamia henkilöautoja. On oletettavaa, että vaikutus yrityskäytössä oleviin ajoneuvoihin on samansuuntainen. Yritysten ajosuoritteet ja kaluston hankinnat voivat jopa reagoida yksityishenkilöitä voimakkaammin ajamisen kustannuksiin, sillä yritykset voivat olla paremmin tietoisia kustannuksista ja kustannukset ovat silloin todennäköisesti myös vahvemmin esillä yritysten päätöksenteossa.

Työkoneiden osalta keskeiset keinot vähentää päästöjä ovat koneiden ja moottorien energiatehokkuuden parantaminen sekä käytön tehostaminen ja optimointi. Erityisesti käytön tehostamiseen ja optimointiin voidaan yrittää vaikuttaa myös kansallisen verotuksen keinoin. Työkoneissa käytetystä kevyestä polttoöljystä peritään alempaa valmisteveroa kuin liikenteessä käytetyistä polttoaineista. Toisaalta myös työkonepolttoaineiden verotuksella pyritään ohjaamaan päästöjä, sillä hiilidioksidiveron osuus valmisteverosta on sama kuin liikennepolttoaineissa.

## 4.1.4 Työsuhdeautojen verotus

Kaikista rekisteröidyistä henkilöautoista 24 prosenttia on yrityksen omistamia ja 82 prosentilla yritysten omistamista autoista on haltijana yksityishenkilö (vuoden 2019 ajoneuvokanta). Osa näistä autoista on yrityksen työntekijöiden käytössä työsuhdeautona. Tällöin työntekijä käyttää yrityksen omistamaa autoa myös yksityiseen ajoon. Työntekijän katsotaan tällöin saavan etua, joka verotetaan osana palkkatuloja. Autoedun kuukausittainen arvo määritellään prosentiosuutena auton hankintahinnasta lisätyn kiinteällä summalla, jonka suuruus riippuu siitä, onko kyseessä vapaa autoetu vai käyttöetu. Jos työsuhdeauton ainoa käyttövoima on sähkö ja kyseessä on vapaa autoetu, kiinteä summa on alempi.

Sähköautojen edullisempi kohtelu työsuhdeautojen verotuksessa voi kannustaa hankimaan täyssähköauton. Yritysten omistamia autoja uusitaan nopeammin kuin yksityisesti omistettuja autoja.<sup>21</sup> Tämä voi edistää sähköautojen osuutta käytettyjen autojen markkinoilla, ja tätä kautta edistää sähköautojen osuuden kasvua koko henkilöautokannassa. Lisäksi yritysten omistamien autojen käyttäjä vaihtuu useammin kuin yksityisesti omistettujen autojen käyttäjä. Esimerkiksi vuoden 2019 ajoneuvokannassa 56 prosenttia yksityishenkilöiden omistamista autoista oli samalla käyttäjällä kolme vuotta aikaisemmin, mutta yritysten omistamista autoista vain 19 prosenttia. Työsuhdeautojen kautta voi olla mahdollista lisätä käyttökokemuksia sähköautoista, mikä voi edistää niiden hankkimista myös yksityisesti.

Ero verotettavassa edussa sähköauton ja polttomoottoriauton välillä ei kuitenkaan nykyisellään ole kovin suuri. Vuoden 2021 alusta sähköauton kuukausittainen kiinteä verotettava etu on vuositasolla 2040 euroa pienempi kuin muilla käyttövoimilla.<sup>22</sup> Työsuhdeautosta maksetaan kuitenkin myös auton hankintahintaan perustuvaa osuutta, mikä pienentää kokonaissummaa, sillä sähköautot ovat kalliimpia kuin polttomoottoriautot. Lisäksi sähköauton edullisempi kohtelu koskee vain vapaata autoetua eikä käyttöetua, jossa työntekijä maksaa polttoainekustannukset.

<sup>21</sup> Vuoden 2019 ajoneuvokannan tilaston mukaan yritysten omistamat henkilöautot ovat uudempiä ja vaihtavat omistajuutta nopeammin kuin yksityishenkilöiden omistamat autot. Tämä koskee myös henkilöautoja, joissa omistaja on yritys ja haltija yksityishenkilö.

<sup>22</sup> Hallituksen esitys 142/2020: verotettava etu on 170 euroa kuukaudessa pienempi autoille, joiden päästöt ovat 0 g/km. Etu on väliaikainen vuosille 2021-2025, normaali taso on 120 euroa kuukaudessa (1440 euroa vuodessa).

Mikäli työntekijä lataa omaa sähköautoaan työpaikalla työnantajan kustannuksella, tästä koituu verotettavaa etua. Vuoden 2021 alusta tämä etu on säädetty veropaaksi, väliaikaisesti vuoteen 2025 asti.

### 4.1.5 Tankkaus- ja latausinfrastruktuurin tukeminen

Suomessa on vuodesta 2018 tuettu kaasu- ja sähköautojen tankkaus- ja latausinfrastruktuuria. Tukirahat on jaettu tarjouskilpailun perusteella, ja tuella on katettu osa investoinnin kustannuksista. Tuki on jaoteltu erikseen biokaasun tankkausasemille, linja-autojen latauspisteille sekä ajoneuvojen suuri- ja pienitehoisille latauspisteille. Edellytys tuen saamiselle on, että hanke ei toteutuisi ilman julkista tukea.

Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla kulkevien ajoneuvojen kysyntä on kytköksissä lataus- ja tankkauspisteiden saatavuuteen. Tutkimuksissa onkin saatu viitteitä siitä, että autojen kysynnän tukemisen sijaan tehokkaampaa voi olla tukea latausinfrastruktuuria. Esimerkiksi Norjassa on voimassa useita rahallisia tukia ja etuja sähköautoilijoille, mutta voimakkaimmin sähköautokannan kokoon on vaikuttanut julkisten latausasemien määrä. Tuloksia on myös muilla vaihtoehtoisilla käyttövoimilla kulkevien autojen kysynnästä. Näissä tutkimuksissa huomioidaan vuorovaikutus lataus- tai tankkauspisteiden perustamisen ja autojen kysynnän välillä. Empiirisiä tuloksia on saatavilla kolmea eri markkina-alueetta koskien (Italia, Norja USA). Kaikilla markkina-alueilla havaittiin, että autojen kysynnän tukemiseen käytetty julkinen raha voi olla tuottavampaa, kun tukea myönnetään sekä autojen hankinnalle että latauspisteiden perustamiselle. (Pavan, 2015; Shiver, 2015; Springler, 2016; Li, Tong, Xing, Zhou, 2017).

### 4.1.6 Ajoneuvojen hankintatuet

Suomessa on vuosina 2018-2021 voimassa 2000 euron hankintatuki sähköautoille. Vuosina 2015 ja 2018 on lisäksi ollut voimassa hankintatukia, joiden edellytyksenä on ollut vanhan auton romuttaminen. Joulukuusta 2020 alkaen saatavilla on ollut myös hankintatuki kaasukäyttöisille kuorma-autoille.

Kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa on havaittu, että hintaa alentamalla voidaan merkittävästi lisätä tuen kohteena olevien autojen kysyntää. Suurin vaikutus saadaan, jos tuki näkyy suoraan auton ostohinnassa. Tästä huolimatta tukien vaikutuksen päästöihin on todettu jäävän pieneksi. Tämä johtuu siitä, että tuet ovat vaikuttaneet lähinnä valintoihin hyvin samankaltaisten autojen välillä. Tuet eivät siis ole onnistuneet siirtämään kysyntää isoista autoista pienempiin. Sähköautojen osalta tukien päästövaiku-

tusta ovat voineet rajoittaa myös sähköautojen toistaiseksi suppeat mallistot, latausverkoston kattavuus sekä kuluttajien kokemus epävarmuus liittyen autojen toimintateeseen ja akkujen keston.

Tukien tehokkuutta päästöjen vähentämisessä heikentää myös se, että tuet lisäävät autojen kokonaiskysyntää. Samalla tuet eivät kuitenkaan vaikuta ajamisen kustannuksiin, jolloin kasvanut autojen lukumäärä syö osan päästövähennyksistä. Vaikutus on siis samanlainen kuin autoveron tapauksessa. Suora tuki onkin täysin verrattavissa veroedun muodossa annettuun tukeen.

#### 4.1.7 Informaatio-ohjaus

Uusien henkilöautojen myyntipaikoissa on oltava esillä tiedot kunkin auton virallisesta polttoaineen kulutuksesta sekä päästöarvoista (direktiivi 1999/94/EY). Ostohetken kohdistuvalla informaatio-ohjauksella voidaan kiinnittää kuluttajan huomio sellaisiin laitteen ominaisuuksiin, joiden tulisi vaikuttaa ostopäätökseen, mutta jotka mahdollisesti jäävät valintatilanteessa huomioimatta. Tällainen on esimerkiksi laitteiden tai ajoneuvojen energiankulutus, jonka kustannukset kohdistuvat laitteen käyttäjälle eivätkä siksi suoraan näy ostotilanteessa. Lisäksi ohjauksella voidaan antaa tietoa paremmin ymmärrettävässä muodossa, autojen osalta esimerkiksi ilmaisemalla polttoaineen kulutus tai muut kustannuksiin vaikuttavat tekijät suoraan euroina.

Ajoneuvojen, laitteiden ja rakennusten energiamerkintöjen vaikutuksesta kuluttajien maksuhalukkuuteen on olemassa runsaasti tutkimuskirjallisuutta. Valtaosa kirjallisuudesta käsittelee kotitalouksien valintoja, yritysten osalta tutkimustuloksia on etenkin kiinteistöjen osalta. Energiamerkinnot yleensä luokittelevat kohteensa energiankulutuksen perusteella eri luokkiin, joita ilmaistaan kirjaimilla. Suuri osa tutkimustuloksista tarkastelee vaikutusta siirryttäessä luokasta toiseen. Yleisesti voidaan sanoa, että parempi energiatehokkuus nostaa kuluttajien maksuhalukkuutta jonkin verran, suuruusluokan ollessa tyypillisesti muutamia prosentteja. Esimerkiksi espanjalaisella aineistolla havaittiin, että kuluttajat ovat valmiita maksamaan 6 prosenttia enemmän luokkien A ja B autoista, verrattuna vastaaviin alempien energiatehokkuusluokkien autoihin (Calarraga et al. 2014). Sveitsiläisessä aineistossa A-luokan autosta oltiin valmiita maksamaan 5 prosenttia enemmän kuin vastaavasta B-luokan autosta (Alberini, Barreit ja Filippini, 2014). Hollannissa yritysten maksamat toimistovuokrat olivat 6.5 prosenttia halvempia, jos rakennuksen energialuokka oli D tai huonompi (Kok ja Jennen, 2012).

Norjalaisessa tutkimuksessa selvitettiin niin ikään kuluttajien maksuhalukkuutta energiatehokkaammasta autosta, tarkastellen erityisesti informaation esitystavan vaikutusta maksuhalukkuuteen. Norjassa on korkea autojen ja polttoaineiden verotus, kuten Suomessa, mikä tekee tuloksista erityisen kiinnostavia suomalaisesta näkökulmasta. Tutkimuksessa havaittiin, että maksuhalukkuus polttoainetehokkuudelle on hyvin korkea, etenkin siirryttäessä kulutusarvojen suurimmasta päästä (8 l/100 km) seuraavalle tasolle (7 l/100 km). Lisäksi maksuhalukkuus kasvoi yli 20 prosenttia, jos kulutusarvot ilmaistiin myös rahallisessa muodossa (arvioitu kuukausittainen polttoainekustannus). (Brazil et al., 2019)

#### 4.1.8 Julkiset hankinnat

Vuonna 2012 voimaan tullut laki (1509/2011) velvoittaa julkisia hankintayksiköitä sekä tiettyjä liikenteenharjoittajia huomioimaan hankinnoissaan ajoneuvojen energiankulutuksen, hiilidioksidipäästöt sekä typenoksidi-, hiilivety- ja hiukkaspäästöt. Lain mukaan nämä tekijät voivat olla mukana tarjouspyynnöissä vähimmäisvaatimuksena, tai osana tarjousten kokonaistaloudellista arviointia.

Lain pohjalla oleva direktiivi on päivitetty, ja uudistettu direktiivi on vietävä kansalliseen lainsäädäntöön 2.8.2021 mennessä. Direktiivi asettaa nyt velvoitteita puhtaiden ajoneuvojen osuudelle julkisissa hankinnoissa. Hankinnoilla tarkoitetaan ajoneuvojen ostoja, vuokraamista tai leasing-sopimuksia, julkisia palveluhankintoja maanteiden henkilöliikennepalvelujen osalta sekä palveluhankintasopimuksia koskien jätteiden keruuta, postin ja pakettien jakelua ja kuljetuksia, tilausmatkustajaliikennettä ja matkustajaliikenteen erikoismaantiekuljetuksia. Henkilö- ja pakettiautojen osalta 38,5 prosenttia uusista ajoneuvoista tulee olla ladattavia hybridejä ja täyssähköautoja ajanjaksoilla 2021-2025, ja vuosina 2026-2029 osuus on katettava täyssähköautoilla. Kuorma-autojen osalta ensimmäisellä kaudella 9 prosenttia ajoneuvoista on oltava puhtaita ajoneuvoja, ja osuus nousee 15 prosenttiin vuodesta 2026 eteenpäin. Puhtaalla ajoneuvolla tarkoitetaan kuorma-autoja, jonka käyttövoimana on sähkö, vety, maa- tai biokaasu tai uusiutuva diesel. Linja-autojen osalta 41 prosenttia ajoneuvoista on oltava puhtaita ensimmäisellä kaudella ja 59 prosenttia toisella kaudella. Puolet osuudesta tulee kattaa sähköautoilla, muita käyttövoimia puhtaille linja-autoille ovat maa- ja biokaasu sekä uusiutuva diesel.

Uudistettu direktiivi tulee väistämättä lisäämään vaihtoehtoisen käyttövoimien kysyntää julkisissa hankinnoissa. Motiva (2017) on kyselytutkimuksella selvittänyt tällä hetkellä voimassa olevan lain soveltamista. Vastaajista suurin osa oli kuntien hankinta-tehtävissä, joten vastausten voidaan tulkita kuvaavan lähinnä kuntatoimijoiden näkemystä lain soveltamisesta. Noin 40 prosenttia vastaajista ilmoitti, että sähköautoja on

jo käytössä tai käyttöönottoa selvitetään. Kiinnostus painottui selvästi suurempiin kuntiin ja kaupunkeihin. Suurimmaksi haasteeksi mainittiin lataus- ja tankkausinfrastruktuurin puute, etenkin kaasuautojen osalta. Lisäksi korkea hankintahinta mainittiin esteeksi. Kysely paljasti myös, että etenkin pienemmissä kunnissa on haasteita jo nykyisen lain soveltamisessa. Liian tiukaksi asetetut kriteerit voivat johtaa siihen, että tarjouksia ei saada, jos tarjontapuoli on rajoitettu. Tällä hetkellä eniten hyödynnetty kriteeri sekä henkilö- ja pakettiautojen että raskaan liikenteen osalta oli ilmanlaatuun liittyvä Euro-päästöluokitus, jota käytettiin usein vähimmäisvaatimuksena ja/tai vertailukriteerinä hankinnoissa. Suurin osa vastaajista ilmoitti, että etenkin Euro-päästöluokitusta ja polttoaineenkulutusta käytetään kriteerinä myös muissa kuin lain velvoittamissa hankinnoissa.

#### 4.1.9 Biopolttoaineiden jakeluelvoite

Suomessa on ollut moottoribensiiniä ja dieselöljyä koskeva biopolttoaineiden jakeluelvoite vuoden 2008 alusta lähtien (Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä). Jakeluelvoitteen myötä polttoaineen jakelijan on vuosittain toimitettava kulutukseen biopolttoaineita jakeluelvoitteen määrittämä määrä biopolttoaineita, laskettuna velvoitteen mukaisena prosenttiosuutena kyseisenä vuonna kulutukseen toimittamiensa moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä. Biopolttoaineet lasketaan liikenteen CO<sub>2</sub>-päästötaseessa nollapäästöiksi, jolloin biopolttoaineen osuuden lisääminen myytävissä polttoaineseoksissa vähentää päästöjä. Päästövähennysten toteutuminen ei siis riipu kuluttajien valinnoista eikä edellytä tietyn polttoainelaadun tai tietynlaisen ajoneuvon valintaa. Jakeluelvoitteen kustannukset jakeluketjulle ja loppukäyttäjille eivät ole yhtä läpinäkyvät kuin polttoaineverojen. Biopolttoaineiden öljytuotteita kalliimmat kustannukset tuottavat kuitenkin lisäkustannuksia. Suomalainen tutkimusnäyttö polttoaineverojen siirtymisestä hintoihin viittaa siihen, että myös biopolttoaineen jakeluelvoitteen tuottamat lisäkustannukset jakaantuvat osittain jakeluketjulle, osittain loppukäyttäjille (Harju ym. 2018).

#### 4.1.10 Päästöstandardit

EU on asettanut autonvalmistajille sitovat päästönormit, jotka pakottavat valmistajia alentamaan mallistonsa keskiarvopäästöjä. Normit ovat olleet voimassa vuodesta 2009 henkilöautoille ja vuodesta 2011 pakettiautoille ja niitä on asteittain tiukennettu. Tällä hetkellä voimassa olevan normin mukaan Euroopassa myytyjen autojen keskiarvopäästöt saavat olla korkeintaan 95 g/km, ja tämä lukema on saavutettava vuoteen



2021 mennessä. Vuodesta 2025 eteenpäin keskiarvopäästöjen on oltava 15% pienemmät kuin vuonna 2021. Tämä asetus on voimassa henkilöautoille ja pakettiautoille. Rajoitus on jaettu valmistajien kesken mallistojen ominaisuuksiin perustuen.

EU on asettanut ensimmäistä kertaa päästöstandardit myös kuorma-autoille. Alkuvaiheessa standardit koskevat vain suuria kuorma-autoja. Vuodesta 2025 eteenpäin valmistajan rekisteröityjen uusien kuorma-autojen keskiarvopäästöjen on oltava 15 prosenttia pienemmät kuin vertailuajanjaksolla (1.7.2019-30.6.2020). Säätelystä arvioidaan vuonna 2022, jolloin harkitaan sen ulottamista linja-autoihin sekä pienempiin kuorma-autoihin.

Päästöstandardien vaikutuksesta on olemassa runsaasti tutkimuskirjallisuutta. Eurooppalaiset tutkimukset antavat viitteitä siitä, että standardeilla on suurin vaikutus uusien autojen keskiarvopäästöjen pienentymiseen (Gerlagh, van den Bijgaart, Nijland, Michielsen, 2018). Tosin standardien asettama päästötaso ei ole todellisuudessa toteutunut, sillä valmistajat ovat osittain vastanneet säätelyyn manipuloimalla autojen päästötetituloksia (Reynaert, 2020). Joka tapauksessa standardit pakottavat valmistajia lisäämään erittäin vähäpäästöisten autojen tarjontaa, mikä parantaa kuluttajien valintamahdollisuuksia uutta autoa hankittaessa.

Ajoneuvo-ryhmä	Ohjauskeinot – käytössä	Ohjauskeinot – potentiaaliset	Huomioitavaa
Henkilöautot	Autovero Ajoneuvovero Käyttövoimien verotus Työsuhdeautojen verotus Kilometrikorvaukset Informaatio-ohjaus Infrastruktuurin tukeminen Hankintatuki (sähköautot) Kaasu- tai etanolikäyttöiseksi muuntamisen tuki	Sähköautojen voimakkaampi suosiminen auto- ja ajoneuvoverossa  Sähköautojen voimakkaampi suosiminen työsuhdeautojen verotuksessa  Informaatio-ohjauksen kehittäminen	EU:n päästöstandardit vaikuttavat voimakkaasti uusien henkilöautojen tarjontaan
Pakettiautot	Autovero Ajoneuvovero Käyttövoimien verotus Työsuhdeautojen verotus Kilometrikorvaukset Informaatio-ohjaus Infrastruktuurin tukeminen	Ajoneuvoveron käyttövoimaveron eriyttäminen eri käyttövoimille  Informaatio-ohjauksen kehittäminen	EU:n päästöstandardit vaikuttavat uusien pakettiautojen tarjontaan
Linja-autot	Käyttövoimien verotus Julkisten hankintojen lainsäädäntö	Hankinnan ja omistamisen päästöperusteinen verotus	
Kuorma-autot	Ajoneuvovero Käyttövoimien verotus Julkisten hankintojen lainsäädäntö Infrastruktuurin tukeminen Hankintatuki (kaasukäyttöiset)	Ajoneuvoveron käyttövoimaveron eriyttäminen eri käyttövoimille tai esim. painon mukaan  Informaatio-ohjauksen kehittäminen	EU:n päästöstandardit vaikuttavat uusien kuorma-autojen tarjontaan
Työkoneet	Käyttövoimien verotus	Hankinnan ja omistamisen päästöperusteinen verotus	Työkoneissa käytetyn kevyen polttoöljyn verotus on huomattavasti kevyempää kuin ajoneuvoissa käytettyjen fossiilisten polttoaineiden verotus.

## 4.2 Ohjauskeinoja, jotka eivät vielä ole Suomessa käytössä

### Sähköautoilijoille tarjottavat edut

Sähköautojen kysyntää on pyritty edistämään tarjoamalla erilaisia etuja näiden autojen ostajille. Esimerkiksi Norjassa sähköautoilijat on vapautettu tietulleista, autoilla saa ajaa joukkoliikennekaistoilla ja lauttamatkat ovat ilmaisia sähköautoille. Vapautukset erilaisista maksuista voivat nousta vuodessa tuhansien eurojen arvoiseksi. Kaliforniassa hybrideille on myönnetty pääsy niin sanotuille kimpakyytিকাistoille.<sup>23</sup> Etenkin vilkkaasti liikennöidyillä alueilla ajallinen säästö vähemmän ruuhkaisten kimpakyytিকাistojen käytöstä voi olla merkittävä (Sheldon ja de Shazo, 2017; Wold ja Ölness, 2016).

Autoilijat ymmärtävät vähemmän ruuhkaisten kaistojen käyttöoikeuden arvon. Tutkimusten mukaan ihmiset arvostavat aikaa, ja ruuhkissa istuminen koetaan merkittävänä kustannuksena, vaikka se ei näykään suoraan rahallisena kulueränä. Tutkimuksissa onkin havaittu myös erilaisten vapautuksien nostaneen etuihin oikeuttavien autojen kysyntää. Poliitikkojen silmin nämä toimet ovat houkutteleva keino lisätä ympäristöystävällisten autojen määrää; uusia investointeja tai budjettikehykseen sisällytettäviä tukia ei tarvita, ja keinot vaikuttavat siksi olevan ilmaisia.

Myöntämällä sähköautoille pääsy joukkoliikenne- tai kimpakyytিকাistoille on kuitenkin lisätty näiden kaistojen ruuhkaisuutta. Esimerkiksi Kaliforniassa havaittiin, että hybridien siirtyessä pois tavallisilta kaistoilta muiden autojen määrä kaistoilla kasvoi vastaavasti. Tavallisilla kaistoilla matka-aika ei siis muuttunut, mutta kimpakyytিকাistoilla matka-aika kasvoi selvästi ja eniten aamun pahimpana ruuhka-aiheena. Kokonaisuudessaan matkoihin kului enemmän aikaa, mikä aiheutti merkittävää haittaa autoilijoille. Hyödyntämällä arvioita ajan ja hiilidioksidipäästöjen rahallisesta arvosta sekä eri oletuksia kimpakyytিকাistojen käyttöoikeuden hybridien määrään tuottamasta lisäyksestä, tutkijat saivat tulokseksi, että lisääntyneen matka-ajan aiheuttama haitta oli huomattavasti suurempi kuin näiden autojen tuottamat päästövähennykset (Bento et al., 2014).

<sup>23</sup> Kimpakyytিকাistoilla tarkoitetaan kaistoja, jotka on varattu kuljettajan lisäksi yhtä tai useampaa matkustajaa kuljettaville autoille.

Myös Norjassa on havaittu sähköautoille myönnettyjen etujen aiheuttavan ennen pitkää enemmän ruuhkia, ja Norjassa harkitaankin nyt näiden etujen purkamista vähitellen (Figenbaum, 2016). Sähköautoille myönnetyt edut eivät siis suinkaan ole ilmaisia, vaan voivat aiheuttaa huomattavia ei-rahallisia kustannuksia lisääntyneiden matka-aikeiden kautta.

Joitakin elementtejä edellä mainituista on rajoitetusti käytössä myös Suomessa. Länsiväylän joukkoliikennekaistoilla saa ajaa alle 80 g/km CO<sub>2</sub> päästävillä autoilla, käytäntö tuli käyttöön, kun Länsimetro alkoi liikennöidä, ja bussiliikenne Länsiväylällä väheni. Helsingissä pysäköinti 50% halvempaa vähäpäästöisille alle autoille, eli 95 g/km bensiini, 50 g/km diesel, 150 g/km kaasu.

### Vähäpäästöiset alueet ja ruuhkamaksut

Monissa kaupungeissa on alueita, joilla liikkumista säädellään päästöjen vähentämiseksi. Yleensä tavoitteena on vähentää liikenteen lähipäästöjä ja parantaa siten ilmanlaatua kaupunkialueella. Säättely voi koskea tiettyä aluetta tai katuja ja erota ajoneuvotyyppien tai matkan tyyppien mukaan (esimerkiksi maakuljetuksia saatetaan kohdella eri tavoin kuin yksityisautoilua). Kasvavassa määrin on myös päästöttömiä alueita, joilla liikkuvien moottoriajoneuvojen edellytetään käyttävän käyttövoimanaan sähköä tai vetyä.

Vähäpäästöisten alueiden vaikutus päästöihin riippuu monesta tekijästä, kuten asetetuista päästörajoista, millaisia ajoneuvoja rajoitukset koskevat, miten laajasta alueesta on kyse, kuinka hyvin rajoituksia valvotaan ja siitä millainen ajoneuvokanta oli ennen rajoituksia ja kuinka rajoitukset vaikuttavat ajoneuvovalintoihin.

Vähäpäästöisiä alueita on Euroopassa esimerkiksi Lontoossa, Berliinissä, Milanossa, Rotterdamissa, Leipzigissa, Kölnissä, Tukholmassa ja Kööpenhaminassa. Aluerajoitusten on tutkimuksissa arvioitu vähentäneen sekä lähipäästöjä että hiilidioksidipäästöjä (esimerkiksi Cavallaro, Giaretta ja Nocera 2018). Hiilidioksidipäästöjen osalta on usein kuitenkin vaikea arvioida, missä määrin päästöt ovat vähentyneet kokonaisuudessaan ja missä määrin vain siirtyneet vähäpäästöisten alueiden ulkopuolelle.

## 4.3 Millaisia ohjauskeinoja on käytössä muualla maailmassa ja mikä on niiden arvioitu vaikuttavuus? Vertailevaa tietopohjaa eräissä muissa Euroopan maissa käytössä olevista ohjauskeinoista

Alla on esitelty valikoiduissa Euroopan maissa käytössä olevia ohjauskeinoja. Listauksessa ei nosteta esiin toimia, jotka ovat EU:n velvoittamia kaikille jäsenmaille. Näitä ovat uusiutuvien polttoaineiden osuudelle asetetut velvoitteet, uusia autoja koskevat päästöstandardit, informaatio-ohjaus sekä julkisiin hankintoihin liittyvät velvoitteet.

### 4.3.1 Ruotsi

Ruotsin tavoite on vähentää liikenteen päästöjä 70 prosenttia vuosien vuoden 2010 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Merkittävä ero ohjauskeinovalikoimassa Suomeen verrattuna on autoveron puuttuminen. Ruotsissa on käytössä vain vuosittainen ajoneuvovero, joka on voimakkaasti porrastettu CO<sub>2</sub>-päästöjen mukaan (ns. bonus-malus -malli). Lisäksi autoilua verotetaan polttoaineveron kautta. Polttoainevero on perustunut osittain hiilidioksidipäästöihin vuodesta 1991 alkaen. Vuosina 1990-2005 hiilidioksidivero vähensi hiilidioksidipäästöjä keskimäärin 11 prosenttia vuodessa, verrattuna tilanteeseen ilman veroa (Andersson 2019). Uusien, vähäpäästöisten autojen hankintaa tuetaan hankintatuella, joka koskee autoja, joiden päästöt alittavat 60 g/km.

Ruotsissa on käytössä ruuhkamaksut Tukholmassa ja Göteborgissa. Maksut koskevat henkilöautoja, pakettiautoja, kuorma-autoja ja busseja.

### 4.3.2 Norja<sup>[1]</sup>

Norjan tavoitteena on puolittaa kasvihuonekaasujen päästöt vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Liikenteen päästöt kattavat noin kolmasosan kaikista päästöistä, ja liikenteen päästöt ovat vähentyneet 11 prosenttia vuosien 2012-2018 välillä. Vähennys johtuu etenkin henkilöliikenteen sähköistymisestä: alkuvuonna 2020 täys-sähköautojen osuus uusista henkilöautoista oli 50 prosenttia ja ladattavien hybridien 20 prosenttia. Raskaassa liikenteessä sähköistymistä ei ole tapahtunut, vuonna 2018 sähköllä kulkevia pakettiautoja oli 3800 kpl, rekkoja 3 kpl ja busseja 26 kpl.

Sähköautojen osuuden kasvua on edistänyt voimakas verotuksen eriyttäminen hiilidioksidipäästöjen mukaan sekä mittavat sähköautoilijoille tarjottavat tuet. Sähköautot on käytännössä vapautettu kaikesta verotuksesta: sähköautoista ei makseta autoveroa, jälleenmyynnin yhteydessä maksettavaa rekisteröintiveroa, vuosittaista ajoneuvoveroa eikä arvonlisäveroa. Lisäksi sähköautoilla on helpotuksia tietullimaksuissa sekä julkisen pysäköinnin maksuissa ja matalampi verotusarvo työsuhdeautoissa.

Rekisteröinnin yhteydessä maksettava autovero on voimakkaasti eriytetty päästöjen mukaan. Verossa on kolme osaa: CO<sub>2</sub>-perusteinen maksu, auton massa perustuva maksu sekä NOx-päästöihin perustuva maksu. Pakettiautot maksavat alennettua verotaso ja kuorma-autoista ei peritä veroa. Norjassa maksetaan päästöperusteinen rekisteröintivero myös käytetyn auton oston yhteydessä, mikä on merkittävä ero Suomen verotukseen. Henkilöautojen ja pakettiautojen ajoneuvovero on päästöperusteinen, ja pakettiautot maksavat samaa veroa kuin henkilöautot. Kuorma-autojen ajoneuvovero on eriytetty Euro-päästöluokituksen ja painon mukaan. Lisäksi polttoaineverotus on CO<sub>2</sub>-perusteista.

Norjassa on edistetty sähköiseen liikenteeseen siirtymistä myös tukien kautta. Etenkin latausinfrastruktuuria on tuettu; vuoteen 2017 mennessä tukea oli maksettu yhteensä yli 100 miljoonaa euroa. Huoltoasemien määrä on laskenut seitsemän prosenttia vuosina 2012 – 2016, ja vuonna 2017 latausasemia oli pääteillä noin 50 kilometrin välein. Tutkimukset ovat osoittaneet, että latausverkoston tukeminen on merkittävästi edistänyt sähköautojen kysyntää (Wold ja Ölness, 2016). Norjassa on lisäksi käytössä hankintatuki sähköpakettiautoille sekä nollapäästöisille kuorma-autoille ja työkoneille.

Kansallisen liikennesuunnitelman mukaan tavoitteena on kaupunkialueilla vastata liikenteen kasvuun julkisen ja kevyen liikenteen kautta. Tavoitetta tukevat valtion ja kaupunkialueiden väliset sopimukset, joiden puitteissa rahoitetaan julkisen ja kevyen liikenteen kehittämistä. Sopimuksissa huomioidaan myös maankäyttö. Rahoitus kehityshankkeille tulee valtion budjetista sekä tietullien maksuista.

### 4.3.3 Tanska

Tanska pyrkii olemaan hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Liikennesektori tuottaa viidesosan Tanskan kasvihuonekaasupäästöistä, ja liikenteen päästövähennystavoite on 70 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä.

Myös Tanskassa autojen verotus on eriytetty päästöjen mukaan. Verotuksen perusteena on polttoaineen kulutus, ja bensiinille ja dieselille on asetettu eri veroarvot. Säh-

köautot ja ladattavat hybridit maksavat vain 20 prosenttia verosta, mutta tämä verovähennys poistetaan portaittain vuoteen 2023 mennessä. Pakettiautoilla ja linja-autoilla on alennettu verokanta ja kuorma-autoista ei makseta autoveroa.

Myös vuosittainen ajoneuvovero perustuu polttoaineen kulutukseen. Sähköautoilla ei ole helpotuksia ajoneuvoverosta, vaan niiden sähkönkulutus muunnetaan vastaamaan polttoaineen kulutusta ja vero määritellään samoin kuin polttomoottoriautoille.

#### 4.3.4 Saksa<sup>[2]</sup>

Saksa on asettanut tavoitteekseen saada kotimaan liikenteen päästöt tasolle 98 Mt vuonna 2030, mikä on 38 prosentin vähennys verrattuna vuoden 2015 päästötasoon. Liikenteen päästöt olivat vuonna 2015 lähes samalla tasolla kuin 1990.

Myös Saksassa verotuksella tuetaan sähköautojen kysyntää. Verotus on eriytetty CO<sub>2</sub>-päästöjen mukaan, mutta sähköautot on vapautettu vuosittaisesta ajoneuvoverosta kymmenen vuoden ajaksi. Vapautus laskee viiteen vuoteen vuonna 2021. Sähköautot saavat verovähennyksen työsuhdeautojen verotuksessa. Lisäksi sähköautoille on voimassa hankintatuki, jolle on varattu 600 miljoonaa euroa (tiedot vuodelta 2017). Myös latausinfrastruktuuria tuetaan julkisista varoista. Sähköautoilla on erilaiset rekisterikilvet, mikä mahdollistaa ohjauskeinojen eriyttämisen rekisterikilven perusteella.

Raskaan liikenteen osalta Saksassa pyritään siirtämään tiekuljetuksia raiteille sekä vesiliikenteeseen. Logistiikkakeskuksille on myönnetty tukea tämän tavoitteen edistämiseksi. Lisäksi kansallisella tasolla on tuki käyttämättömien raideosuuksien käyttöön- otolle ja raideverkon laajentamiselle. Raskaalle liikenteelle on asetettu tietullit, jotka on eritelty päästöluokan mukaan.

#### 4.3.5 Hollanti<sup>[3]</sup>

Hollannin kansallinen tavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 49 prosenttia vuoden 1990 tasosta 2030 mennessä. Vuonna 2050 vähennyksen tulisi olla 95 prosenttia. Henkilöautojen osalta tavoite on, että vuonna 2030 kaikki uudet henkilöautot olisivat nollapäästöisiä. Lisäksi kaupunkien keskustoissa asioivien pakettiautojen, bussien ja kuorma-autojen tulisi olla nollapäästöisiä noin 2025 mennessä. Biopolttoaineiden kulutuksen kasvu tulee kattaa muilla kuin ruoka- tai rehukasveilla vuodesta 2020 eteenpäin. On huomattava, että Hollannissa tuotetaan sähköbusseja.

Hollannissa täyssähköautot on vapautettu autoverosta sekä ajoneuvoverosta. Myös sähköllä kulkevat pakettiautot on vapautettu ajoneuvoverosta vuoteen 2025 asti. Muille käyttövoimille verotus on porrastettu CO<sub>2</sub>-päästöjen mukaan, pois lukien pakettiautot. Vuosittainen ajoneuvovero on alempi pakettiautoille, jos autoa käytetään liiketoiminnassa ja auton omistaja on liikevaihtoverovelvollinen. Kuorma-autoilla on erillinen veroaste.

Raskaille ajoneuvoille on olemassa erillinen vero, mikäli ne käyttävät moottoriteitä. Lisäksi vuodesta 2023 alkaen on ehdotettu lisäveroa kaikille yli 3500 kg painaville kuorma-autoille. Veron määrä perustuisi ajettuun kilometrimäärään niillä teillä, joita verotus koskee. Auton alustaan asennettava laite rekisteröisi välimatkat verotettavilla tieosuuksilla.

Lähipäästöjä pyritään alentamaan rajoittamalla dieselautojen käyttöä tiettyjen alueiden sisällä. Kunnat saavat asettaa alueita, joihin saa ajaa vain päästörajan alittavilla autoilla, pakettiautoilla tai kuorma-autoilla. Kelpoisuus tarkistetaan rekisterikilvestä. Alueita on käytössä 13 kunnassa.

<sup>[1]</sup> Lähteenä käytetty: Simonet, 2019. The progressive electrification of land and maritime transport. Climate Chance report, Case Study Norway. [www.climate-chance.org](http://www.climate-chance.org). Fridström, L. 2020. The price of carbon implicit in the Norwegian road, fuel and vehicle taxation system. TÖI report 1794/2020, English summary.

<sup>[2]</sup> Lähteenä käytetty: Vieweg, Marion; Bongardt, Daniel; Dalkmann, Holger; Hochfeld, Christian; Jung, Alexander; Scherer, Elena (2017): Towards Decarbonising Transport – Taking Stock of G20 Sectoral Ambition. Report on behalf of Agora Verkehrswende and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

<sup>[3]</sup> Tiedot poimittu: [www.business.gov.nl](http://www.business.gov.nl), marraskuu 2020.



## 4.4 Millä erityyppisillä keinoilla voidaan vaikuttaa yritysten ajoneuvo- ja työkonekannan uudistumiseen kustannustehokkaimmin?

Taloustieteen teoria sekä empiiriset tutkimukset osoittavat, että kustannustehokkain tapa edistää vähäpäästöisten ajoneuvojen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien osuutta ajoneuvokannassa on korottaa ajamisen kustannuksia saastuttavampien käyttövoimien osalta. Polttoaineiden ja käyttövoimien verotuksen voimakas eriyttäminen päästöjen mukaan kannustaa sekä ajamaan vähemmän että hankkimaan ajoneuvoja, joilla on pienempi päästötaso tai vähäpäästöinen käyttövoima.

Ajamisen kustannusten korottaminen ei välttämättä ole poliittisesti toteutettavissa siinä laajuudessa, mitä vaadittavien päästövähennysten saavuttaminen edellyttäisi. Kustannustehokkuus on tärkeä kriteeri ohjauskeinojen valinnassa, mutta ilmastotomilla on oltava myös riittävä hyväksyttävyyden. Ajamisen kustannusten voimakas korottaminen perustellusti nostaa esiin kysymyksen kustannusrasituksen kohdentumisesta. Hyväksyttävyyden ja oikeudenmukaisen siirtymän näkökulmasta saattaa olla perusteltua yhdistää eri ohjauskeinoja.

Etenkin raskaassa liikenteessä haasteena on vaihtoehtoisten käyttövoimien niukka tarjonta sekä esimerkiksi sähkön rajallinen soveltuvuus raskaan kaluston liikuttamiseen erityisesti lyhyellä tähtäimellä. Vaihtoehtojen puuttuessa kysyntä ei voi siirtyä uusiin käyttövoimiin, vaikka käyttökustannuksia nostettaisiin saastuttavampien käyttövoimien osalta. On huomattava, että tämä ei kuitenkaan poista kustannusten luomaa kannustinta. Vaikka kuljetusyritykset pystyisivätkin siirtämään kohonneet kustannukset eteenpäin hinnoittelussaan, ne pyrkivät kuitenkin minimoimaan omia kustannuksiaan. Jos korkeamman kustannuksen käyttövoimasta ei voida siirtyä pois, säilyy kannustin alentaa kustannuksia muilla keinoilla, esimerkiksi vaikuttamalla ajosuoritteeseen kuljetuksia tehostamalla. Toisaalta on hyvä muistaa, ettei Suomesta ole tietoa siitä, missä määrin kuljetusyritykset pystyvät siirtämään kohonneita kustannuksia asiakkailleen.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien, etenkin sähkön ja kaasun, osalta käytettävyyteen vaikuttaa vielä voimakkaasti vaadittavan infrastruktuurin keskeneräisyys sekä markkinatarjonnan rajallisuus. Tutkimusten perusteella tiedetään, että kehittyvän infrastruktuurin tukeminen on kustannustehokas tapa edistää uuden teknologian käyttöönottoa. Näin ollen kaasu- ja latausinfrastruktuurin tukeminen julkisin varoin on perusteltua, jos tuki kohdennetaan oikein niille hankkeille, jotka eivät markkinaehtoisesti toteutuisi.

Kuljetusalan kannalta oleellista on, että osa tuesta kohdistuu nimenomaan raskaaman kaluston tarpeisiin sekä joukkoliikennevälineille.

Ajoneuvojen kokonaiskustannuksiin voidaan vaikuttaa myös omistamisen kustannusten kautta. Suomessa henkilöautojen autovero ja ajoneuvovero on jo voimakkaasti eriytetty käyttövoimien ja ominaispäästön mukaan ja nollapäästöisille autoille on lisäksi hankintatuki. Sen sijaan pakettiautojen ja kuorma-autojen ajoneuvovero ei eritele eri käyttövoimia, hankintatukea ei myöskään ole sähköisille ajoneuvoille käytössä. Linja-autoilla ja työkoneilla ei ole ajoneuvoveroa. Mikäli säästävampien käyttövoimien omistamisen kustannusta nostetaan, tämä luo kannustimen investoida puhtaampiin käyttövoimiin sekä myös luopua aiemmin korkeamman kustannuksen käyttövoimista.

## 5 Kyselyt ja tiedonkeruu, ostopäätöksiin vaikuttavat tekijät

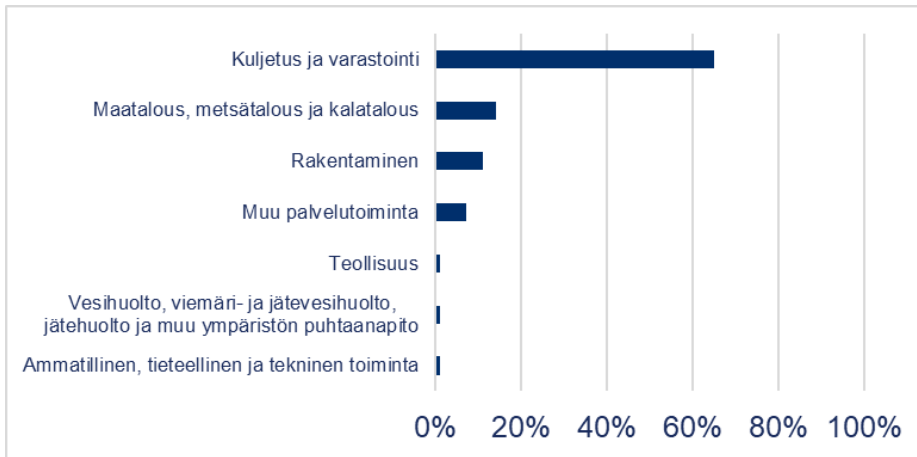
Tiedonkeruun tavoitteena oli kerätä tilastotietoa täydentävää aineistoa vaikuttavuusarvion (kappale 6) tueksi, sekä erityisesti hankkeen tutkimuskysymyksiin 2, 4 ja 6 vastaamiseksi:

- 2. Millaisia ajoneuvoja ja työkoneita yritysten käytössä on, mitä käyttövoimia ne käyttävät ja millainen on niiden päästötaso? Missä työkoneiluokissa on suurin potentiaali vähentää päästöjä vaihtoehtoisia käyttövoimia edistämällä?
- 4. Millaisia esteitä yrityksillä ja muilla kaupallisilla toimijoilla on ollut tai on uusiin käyttövoimavaihtoehtoihin siirtymisessä?
- 6. Millaisia ovat olemassa olevat ohjauskeinot ja mikä on niiden arvioitu vaikuttavuus?

Tutkimuksessa kerättiin tietoa usealta liikenteen kannalta merkittävältä toimialalta tutkimusryhmän valikoimien tahojen välityksellä. Eri alojen edustajat välittivät kyselyn edelleen jäsenyrityksiensä ajoneuvoista vastaaville. Kysely toteutettiin 6.11.-2.12.2020 kohdistettuna seuraaville tahoille ja niiden jäsenistölle:

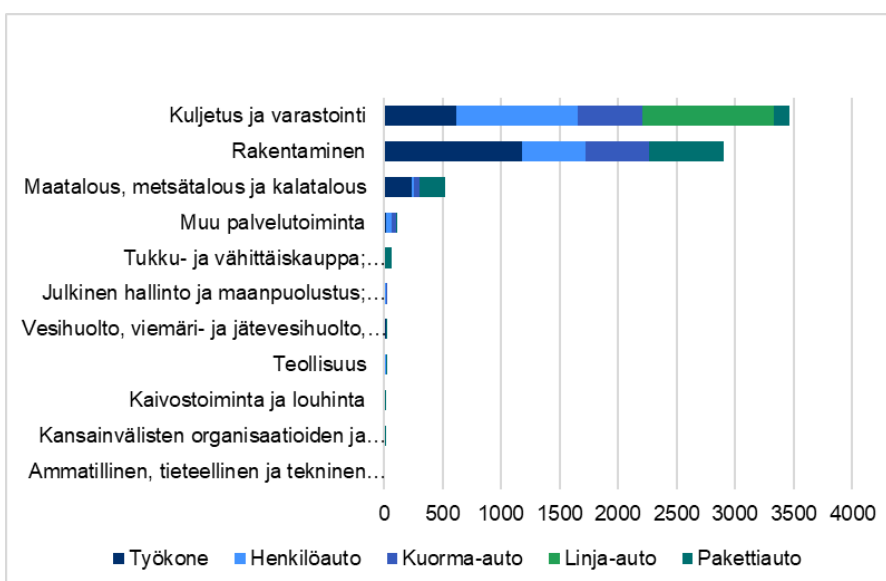
- Elinkeinoelämän keskusliitto, Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry, Suomen Paikallisliikenneliitto ry, Taksiliitto, Kuntaliitto, Teknisen kaupan liitto, Teknologiateollisuus, Rakennusteollisuus RT ry, Koneyrittäjien liitto ry, Posti, sekä Linja-autoliitto

Kysely tavoitti 346 vastaajaa, joiden edustamien yritysten käytössä on vastausten perusteella yhteensä 7218 ajoneuvoa tai työkoneita. Valtaosa kyselyyn vastanneista edusti jotakin seuraavista toimialoista (Toimialaluokitus TOL 2008); 1) Kuljetus ja varastointi, 2) Maatalous, metsätalous ja kalatalous, sekä 3) Rakentaminen, ks. Kuva 45. Tulosten jatkoanalysoinnissa, erityisesti avointen vastausten osalta, päätettiin Kuljetus ja varastointi -toimialasta erotella taksialan vastaajat, sillä heidän osuus vastauksista oli huomattava. Kyselydata on saatavilla tutkimusryhmältä pyydettyäessä.

**Kuva 45.** Vastaajien ilmoittamat toimialat (n=346)

## 5.1 Käytössä olevat ajoneuvot

Kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla oli ainakin henkilöautoja käytössä yhtenä ajoneuvoluokkana. Henkilöautoista merkittävä osuus (44 %) oli taksiryrittäjillä. Henkilöauto-painotteiset taksirytykset pois lukien rakennusala nouseekin määrällisesti eniten eri ajoneuvoja ja työkoneita käyttäväksi toimialaksi kyselyn otoksessa. Vaikka henkilöauto oli luokkana yleisin, oli vastaajilla määrällisesti eniten erilaisia työkoneita.

**Kuva 46.** Ajoneuvojen ja työkoneiden lukumäärät toimialoittain

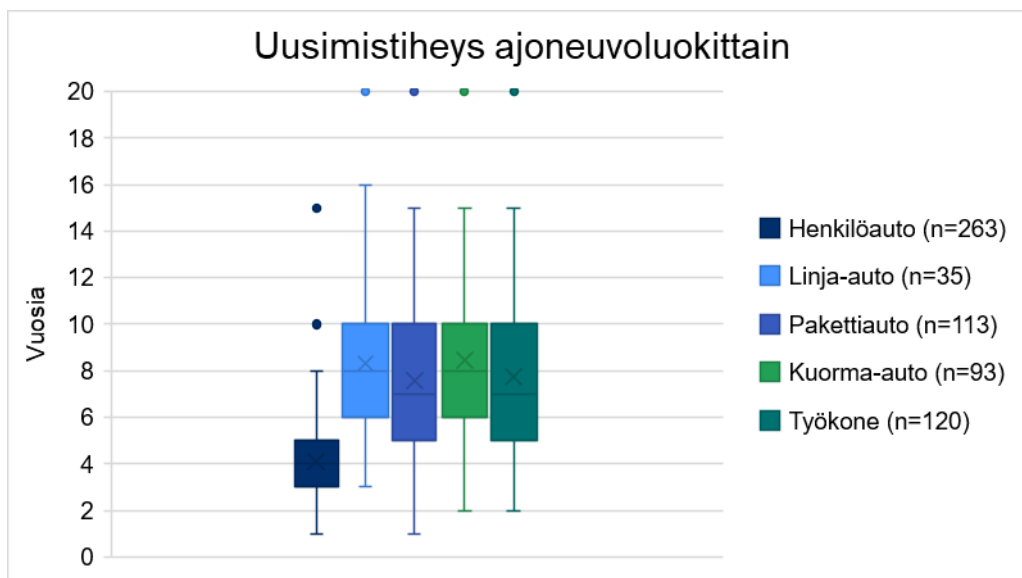
## 5.1.1 Ajoneuvojen ja työkoneiden uusimistiheys

Vastauksista on havaittavissa selkeitä eroja eri ajoneuvoluokkien uusimistiheydessä. Henkilöautoja uusitaan keskimäärin useammin (noin neljän vuoden välein) kuin raskaampia ajoneuvoja ja työkoneita, joita uusitaan seitsemästä kahdeksaan vuoden välein. Raskaampien ajoneuvoluokkien kohdalla huomattavaa on kuitenkin 10 vuoden välein tai harvemmin uusittavien suuret suhteelliset osuudet. Tämä tulee ottaa huomioon päästövähennyskeinoihin vaikuttamaan pyrkivän politiikan suunnittelussa.

Pitkä uusimisväli voi aiheuttaa huomattavaa hitautta eri ajoneuvoluokkien siirtymässä kohti vähäpäästöisempiä vaihtoehtoja, sekä pitää sisällään yritysten näkökulmasta kannattavuus- ja investointihaasteita, jolloin muut kuin ajoneuvojen uusimiseen tähtäävät keinot voivat olla tehokkaampia. Muita keinoja voivat olla esimerkiksi käyttötapojen muutokset ja energiatehokkuuden kasvattaminen modernisoinnilla. Erityisesti muiden kuin henkilöautojen osalta kymmenen vuoden välein tai harvemmin uusittavien ajoneuvojen osuus on huomattava. Lisäksi on huomioitava, että uusimistiheys ei ole yhtä kuin yksittäisen ajoneuvon tai työkoneen elinkaari tai käyttöikä. Uusimistiheyttä voidaan tässä yhteydessä ajatella myös ajoneuvojen pitoaikana yrityksen hallinnassa.

Kyselyä luodessa lähtöoletuksena oli, että vastaajat vastaavat nimenomaisesti koskien *uusia* ajoneuvoja, mutta vastaukset saattavat sisältää myös käytettyinä hankittuja ajoneuvoja. Jälkemarkkinan rooli ajoneuvojen ja työkoneiden hankinnassa korostuu tutkimusryhmän näkemyksen mukaan erityisesti linja-autoissa, kuorma-autoissa ja työkoneissa.

**Kuva 47.** Laatikko-janakuvio ajoneuvojen uusimistiheyksistä. Puolet havainnoista laatikon sisällä, viiva ilmaisee mediaania, ja rasti keskiarvoa. Ääriarvot ovat pisteitä.



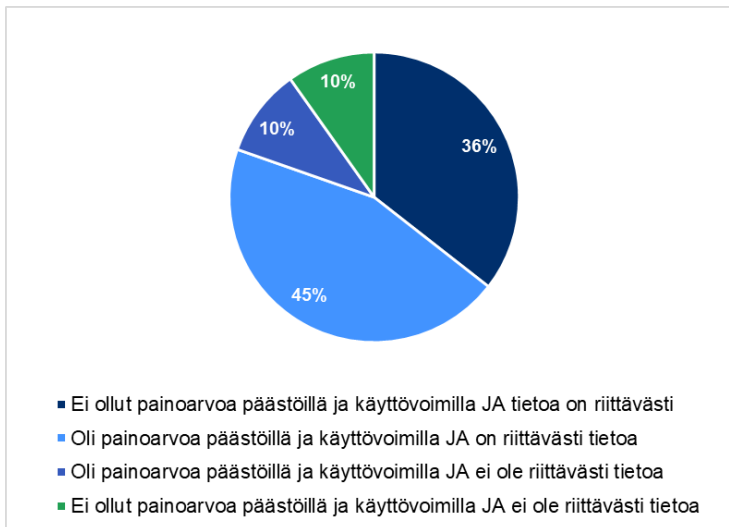
**Taulukko 44.** Ajoneuvoluokkien uusimistiheyden keskiarvo ja mediaani.

	Henkilöauto (n=263)	Linja-auto (n=35)	Pakettiauto (n=113)	Kuorma-auto (n=93)	Työkone (n=120)
Keskiarvo	4,1	8,3	7,6	8,5	7,7
Mediaani	4	8	7	8	7

## 5.1.2 Päästöjen ja käyttövoimien huomioiminen ajoneuvojen ja työkoneiden valinnassa

Päästöjä ja käyttövoimia koskevan tiedon riittävyyttä ja tiedon hyödyntämistä ajoneuvoja valittaessa kysyttiin ensin siten, onko päästöillä ja käyttövoimilla ollut painoarvoa ajoneuvoja ja työkoneita hankittaessa (kys. 18), ja myöhemmin, onko vastaajan edustamalla yrityksellä riittävästi tietoa käytettävissä koskien päästöjä ja käyttövoimia (kys. 22). Hieman yli puolet (55 %) kaikista vastaajista ilmoitti, että nykyisten ajoneuvojen valinnassa on jo ollut painoarvoa päästöillä ja käyttövoimilla, ja valtaosa (80 %) koki, että näistä on saatavilla riittävästi tietoa päätöksenteon tueksi. Kuitenkin vain 45 prosenttia vastaajista vastasi myöntävästi molempiin kysymyksiin. Tämä viittaa siihen, että uusinta tietoa päästöistä ja käyttövoimista ei syystä tai toisesta täysimääräisesti hyödynnetä päätöksenteossa.

**Kuva 48.** Osuudet vastaajien päästöihin ja käyttövoimiin liittyvän tiedon riittävyydestä ja painoarvosta ajoneuvoa valittaessa. Kysymysten 18 ja 22 vastaukset yhdistettynä.



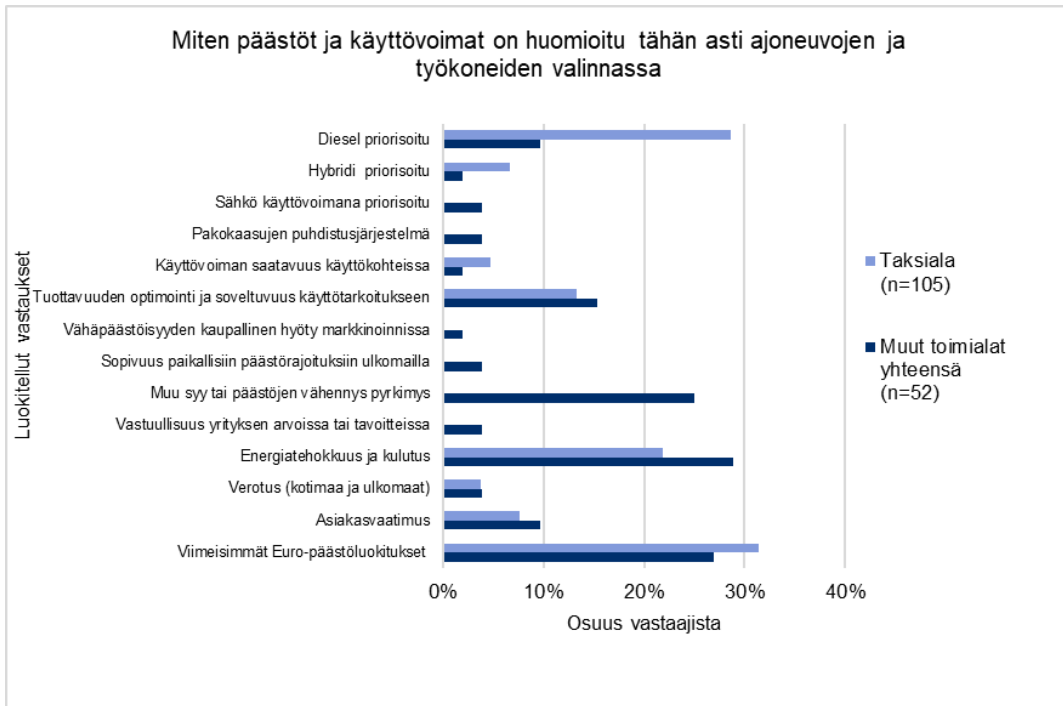
**Taulukko 45.** Vastaajien päästöihin ja käyttövoimiin liittyvän tiedon riittävyys ja painoarvo ajoneuvoa valittaessa.

Ei ollut painoarvoa päästöillä ja käyttövoimilla JA tietoa on riittävästi	Oli painoarvoa päästöillä ja käyttövoimilla JA on riittävästi tietoa	Oli painoarvoa päästöillä ja käyttövoimilla JA ei ole riittävästi tietoa	Ei ollut painoarvoa päästöillä ja käyttövoimilla JA ei ole riittävästi tietoa	Yht.
123	155	34	34	346
36 %	45 %	10 %	10 %	100 %

Myöntävästi vastanneilta kysyttiin lisätietoja koskien heidän päätöksentekoaan ja sitä, miten käyttövoimat ja päästöt on huomioitu. Kaikilla aloilla tyypillisimmät perusteet ja tavat käyttövoimien ja päästöjen huomioimiseen hankintapäätöksissä (muut toimialat yhteensä n=52, taksiala n=105) olivat dieselin priorisointi käyttövoimana, tuottavuuden optimointi ja soveltuvuus käyttötarkoitukseen, energiatehokkuus ja kulutus, asiakasvaatimus, sekä viimeisimmät Euro-päästöluokitukset. Luokka 'Muu syy tai päästöjen vähennys pyrkimys' pitää sisällään erilaisia epämääräisiä ja geneerisiä toteamuksia pyrkimyksistä pitää kalusto ja teknologia ajantasaisena, tai toteamuksia tapauskohtaisesta harkinnasta.

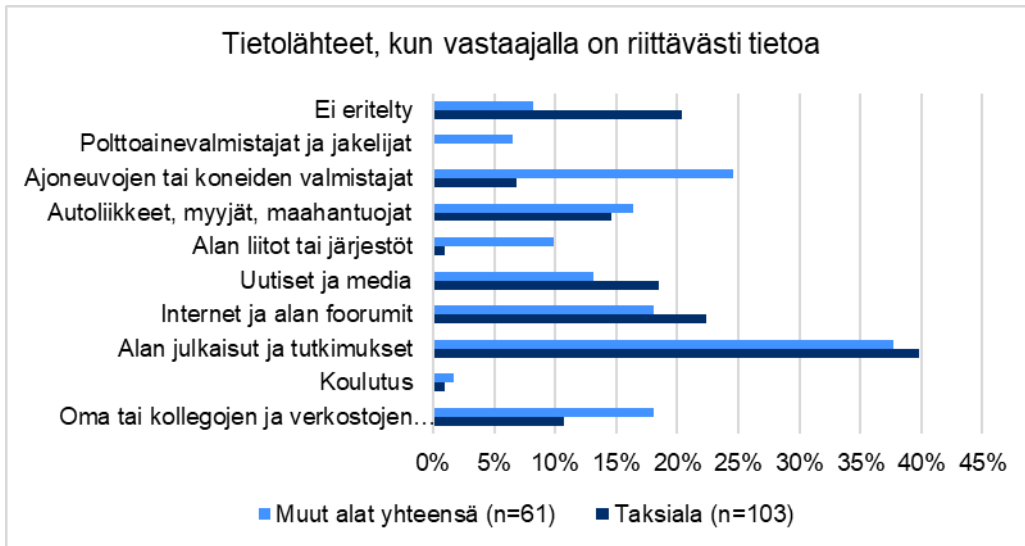
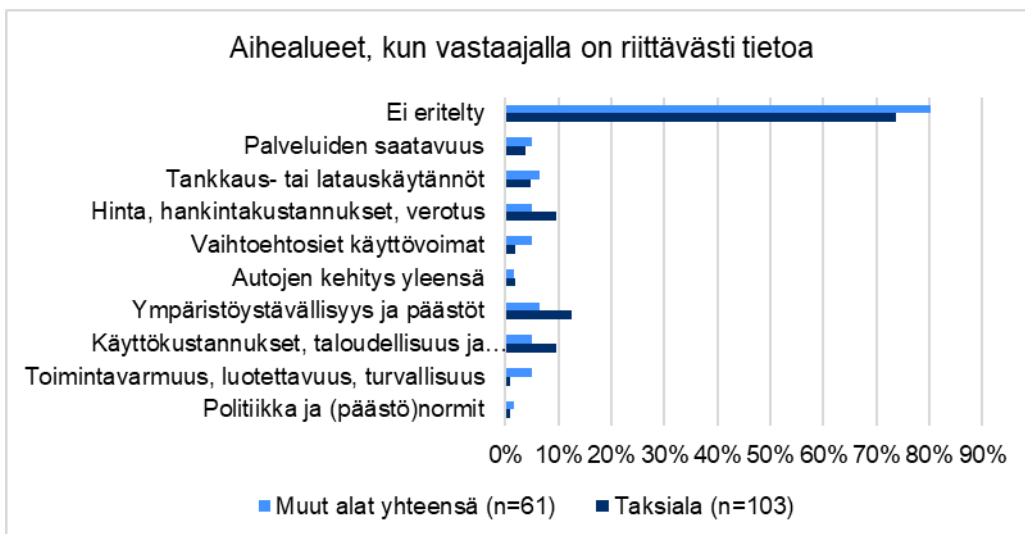
Dieselin priorisointi ja viimeisimmät Euro-päästöluokitukset vaikuttivat usein olevan yhteydessä asiakkaiden asettamiin päästövaatimuksiin kilpailutuksissa. Erityisesti taksialan edustajat olivat vakuuttuneita dieselin ylivertaisesta kokonaistaloudellisuudesta ja vähäpäästöisyydestä. Sähköä ja hybridivaihtoehtoja päätöksissään priorisoineiden osuudet olivat kohtuullisen matalat. Osalla vastaajista liiketoiminnan kansainvälisyys vaikutti päätöksiin ja ajoneuvojen soveltuvuus paikallisiin rajoituksiin koettiin tärkeäksi, samoin verotuksen optimointi kotimaassa ja ulkomailla.



**Kuva 49.** Päästöjen ja käyttövoimien huomiointi päätöksenteossa.

### 5.1.3 Oleelliset tietolähteet ja aiheet päästöihin ja käyttövoimiin liittyen

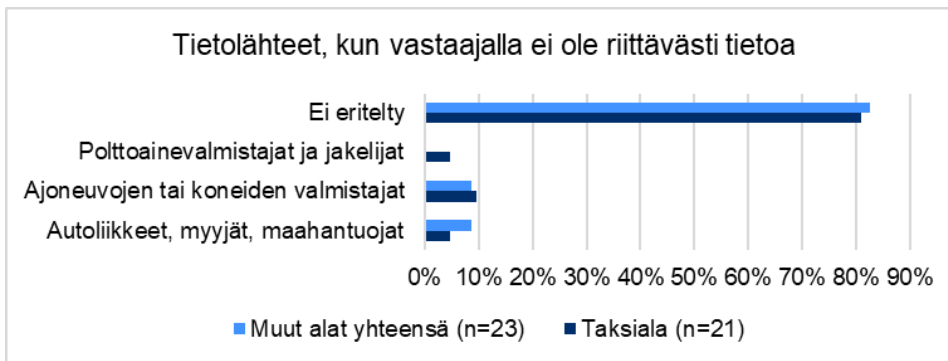
Riippumatta valitusta vastausvaihtoehdosta tiedon riittävyyden osalta (Kyllä, Ei), annettiin vastaajille mahdollisuus kertoa tärkeimmistä tietolähteistään ja kiinnostuksen kohteista. Riittävät tiedot saadaan vastausten perusteella useimmiten alan julkaisuista ja internetistä, sekä uutisista ja mediasta. Myös oma ja kollegoiden kokemus, sekä ajoneuvojen ja koneiden valmistajat olivat usein mainittuja lähteitä, erityisesti muiden kuin taksialan toimijoiden keskuudessa. Etenkin työkoneiden erikoistuneet markkinat saattavat olla syy korostuneeseen valmistajan rooliin tietolähteenä sellaisilla toimialoilla, jotka käyttävät työkoneita tai muuta raskasta kalustoa.

**Kuva 50.** Riittävästi tietoa omaavien vastaajien mainitsemat tietolähteet

**Kuva 51.** Riittävästi tietoa omaavien vastaajien mainitsemat tärkeimmät aihealueet.


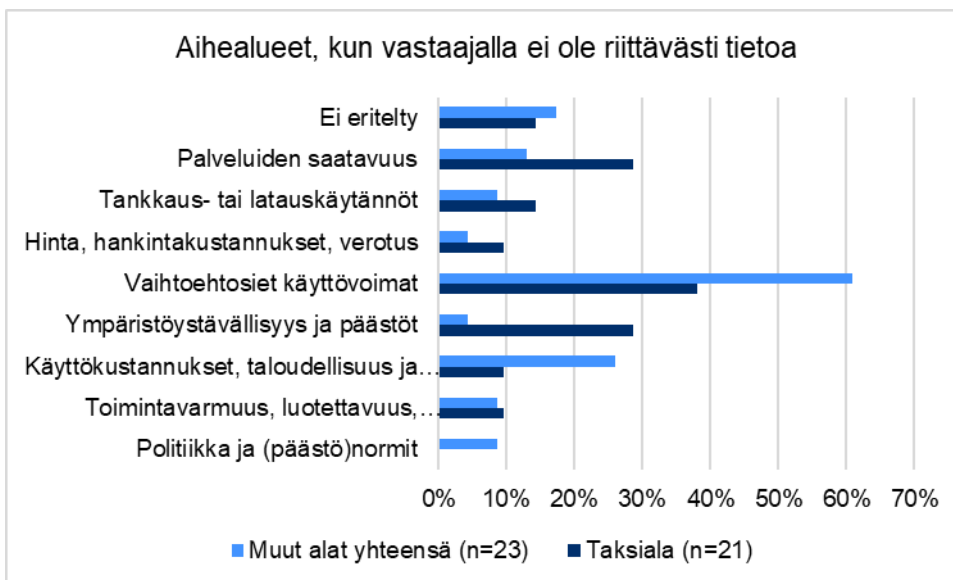
Riittävästi tietoa omaavien, sekä tiedon riittämättömyydestä kertoneiden välillä on havaittavissa mielenkiintoinen eroavaisuus; vastaajat, joilla ei ollut riittävästi tietoa, eivät tyypillisesti eritelleet mitkä olisivat mielekkäitä tietolähteitä. Riittävät tiedot omanneet vastaajat eivät puolestaan useammin kertoneet tarkennusta aihealueeseen. Tämä saattaa olla yhteydessä vastauksia tulkittaessa nousseeseen mielikuvaan siitä, että vastaajat, joilla on kokemuksensa mukaan riittävästi tietoa, hankkivat sitä useista lähteistä varsin monipuolisesti. Kokonaisvaltainen harkinta ja kokonaistaloudellisuus nousivat esiin myös muissa vastauksissa.

Riittämättömäksi päästöihin ja käyttövoimiin liittyvät tietonsa luokitelleet mainitsivat tärkeiksi tietolähteiksi valmistajat ja jälleenmyyjät - sekä ajoneuvojen että käyttövoimien osalta. Suurin osa ei eritellyt tietolähteitään. Yleisesti käyttövoimiin liittyvien tietojen ohella lisää tietoa kaivattiin erityisesti kustannuksiin, päästöihin ja palveluiden saatavuuteen liittyen.

**Kuva 52.** Riittämättömät tiedot omaavien mainitsemat tärkeimmät tietolähteet.



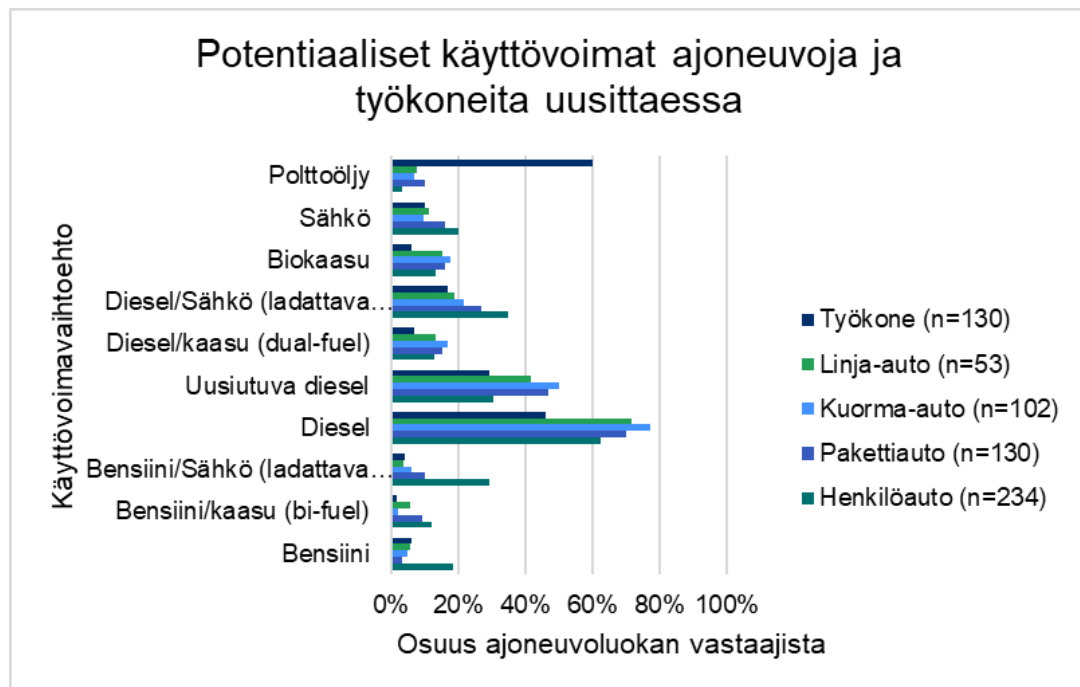
**Kuva 53.** Riittämättömät tiedot omaavien mainitsemat tärkeimmät aihealueet.



## 5.1.4 Vaihtoehtoiset käyttövoimat ja mahdolliset päästövähennyskeinot

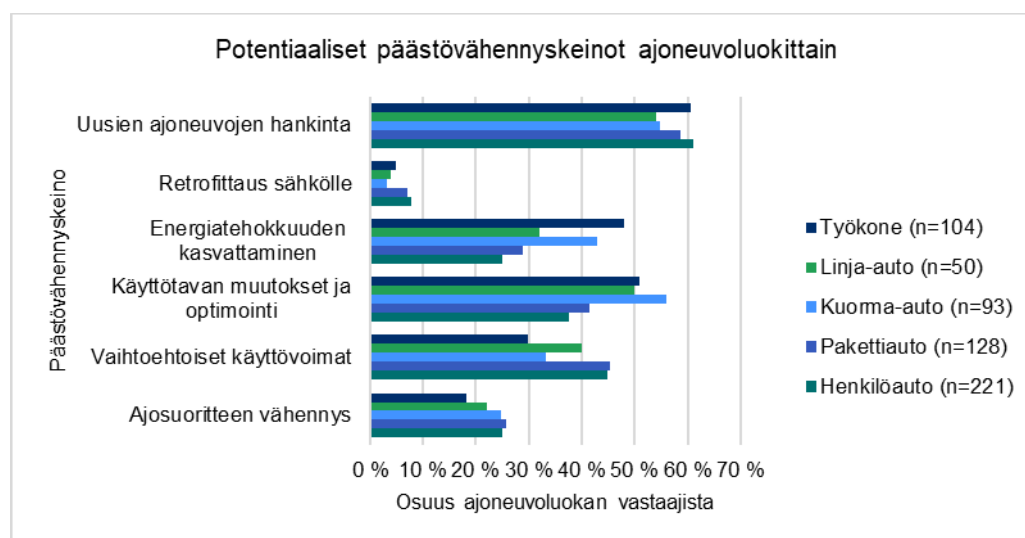
Kysyttäessä mahdollisia vaihtoehtoisia käyttövoimia, mikäli tällä hetkellä uusittaisiin ajoneuvokantaa, nousi diesel eri muodoissa suosituimmaksi lähes kaikissa ajoneuvoluokissa. Työkoneissa myös polttoöljy on suosittu vaihtoehto edelleen, mutta sen käyttöön liittyy rajoituksia esimerkiksi siirtymäajon osalta. Muiden ajoneuvoluokkien osalta polttoöljy on tulkittava jonkinlaiseksi protestivastaukseksi, sillä käytännössä muissa kuin työkoneissa ei polttoöljyn käyttö ole sallittua. Henkilöautojen osalta bensiini eri muodoissa, erityisesti ladattavaan hybridiin yhdistettynä, nähtiin myös varteenotettavana vaihtoehtona. Täyssähkö oli yhä enemmistölle harkinnan ulkopuolella, mutta henkilöautojen osalta jo viidesosa vastanneista näkee sen potentiaalisena vaihtoehtona. Vastauksia ei tule tulkita siten, mitä suosittaisiin ideaalitapauksessa, vaan vastaajien näkemyksinä käytännön kannalta mahdollisista vaihtoehdoista tällä hetkellä.

**Kuva 54.** Potentiaaliset käyttövoimat ajoneuvoja ja työkoneita uusittaessa.



Esivalituista päästövähennyskeinoista sekä uusien ajoneuvojen hankinta että käyttötavan muutokset ja optimointi olivat kaikkien ajoneuvoluokkien osalta suosituimpia vaihtoehtoja (Kuva 55.). Pakettiautojen ja henkilöautojen osalta vaihtoehtoiset käyttövoimat olivat toiseksi suosituin keino. Käyttötavan muutoksella ja optimoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi nopeusrajoitusten tai tyhjäkäynnin rajoittamiseen liittyviä tekijöitä, jotka eivät ole sidottu ajoneuvon tai työkoneen teknologiaan. Energiätehokkuuden kasvattaminen esimerkiksi moottorinohjauksen parantamisen tai muun modernisoinnin keinoin oli seuraavaksi suosituin raskaampien ajoneuvojen, kuten työkoneiden ja kuorma-autojen kohdalla. Korkeintaan neljäsosa ilmaisi ajosuorituksen vähennyksen olevan mahdollinen keino.

**Kuva 55.** Potentiaaliset päästövähennyskeinot ajoneuvoluokittain.  
N= ajoneuvoluokkaa koskien vastanneiden määrä.



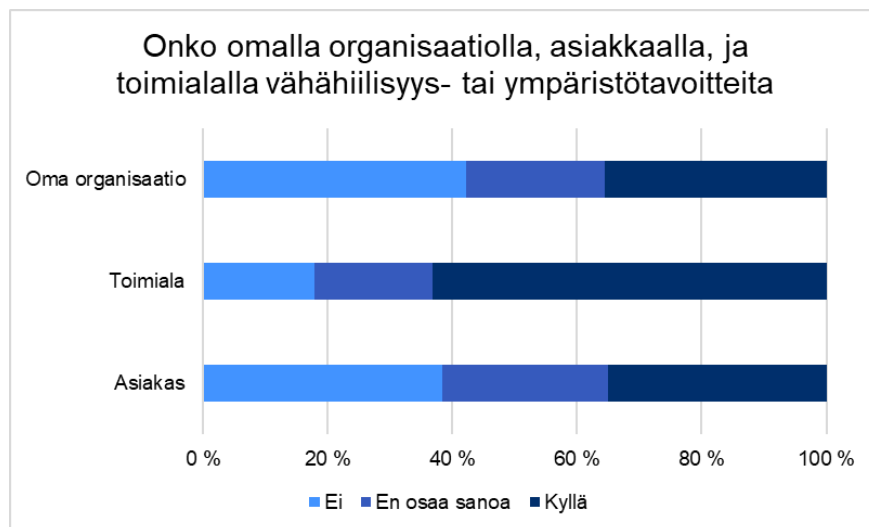
Vastaajilla oli mahdollisuus kertoa vapaamuotoisesti myös muista päästövähennyskeinoista, jotka he kokevat soveltuviksi. Avoimista vastauksista nousi optimointimahdollisuudet esimerkiksi tuotannon- ja reittisuunnittelun osalta, sekä taloudellisen ajotavan kouluttaminen. Taksien osalta esille nousi myös lainsäädännön puutteet, sillä nyky-lainsäädännön ei koeta tukevan käyttöasteen parantamista. Käytännössä tällä tarkoitettiin esimerkiksi mahdotonta meno-paluu kyytien sopimista asiakkaan kanssa pitempien matkojen osalta harvaan asutuilta seuduilta taajamiin tai kaupunkiin, jolloin yrittäjä joutuu ajamaan tyhjällä taksilla paluumatkan.

## 5.2 Päästöjen vähentämisen tavoitetilat ja esteet

### 5.2.1 Tavoitteet, asiakastarpeet ja alan kehitys

Päästöjen vähentämistä koskevista tavoitteista kysyttiin erikseen koskien sekä vastaajan omaa organisaatiota, toimialaa yleensä, että asiakaskuntaa (kys. 30-35). Reilusti yli puolet vastaajista, 63 prosenttia, koki toimialallaan näkyvän jo käytännössä organisaatioiden tavoitteet päästöjen vähentämiseksi. Yhtä usein tavoitteita ei kuitenkaan ole pantu toimeen omassa organisaatioissa, sillä vain reilu kolmannes vastaajista (36 %) vastasi omalla organisaatiollaan olevan tavoitteita vähähiilisyteen ja ympäristöön liittyen. Asiakkaiden osalta vastaukset olivat saman suuntaiset. Vastaukset heijastelevat tilaa, jossa aloja koskevien yleisten tiekarttojen tai suuntaviivojen jalkautus käytännön operatiivisiksi tavoitteiksi kohti vähähiilisyyttä on vielä kesken. Kyllä, Ei ja Ehkä -vastaukset jaoteltiin jälkeempään annetuista avoimista vastauksista, sillä ne olivat selvästi jakautuneet ja melko suoraan ilmaistu vastauksissa.

**Kuva 56.** Oman organisaation, asiakkaan ja toimialan havaitut toimintaan vaikuttavat päästötavoitteet



**Taulukko 46.** Oman organisaation, asiakkaan ja toimialan havaitut toimintaan vaikuttavat päästötavoitteet. Vastaajamäärät.

	Asiakas		Toimiala		Oma organisaatio	
	n	Prosentti	n	Prosentti	n	Prosentti
Kyllä	121	35 %	218	63 %	123	36 %
Ei	133	38 %	62	18 %	146	42 %
En osaa sanoa	92	27 %	65	19 %	77	22 %

Avoimien vastausten pääkohdat koskien oman organisaation, asiakkaiden ja toimialan tavoitteita on taulukoitu yhteenvedoksi oheen (taulukko 47). Omaa organisaatiota koskien vastaajat kuvasivat tavoitteiden liittyvään yritysten yleisiin vastuullisuustavoitteisiin, työn tehostamiseen ja esimerkiksi ympäristösertifikaatteihin. Myös nimenomaisesti ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyviä tavoitteita oli mainittu, kuten ajoneuvokannan sähköistäminen tai uusiutuviin polttoaineisiin siirtyminen. Asiakkaita koskevissa vastauksissa korostui huomattavaa neuvotteluvoimaa käyttävien suurempien asiakasyritysten ja julkisen sektorin rooli kilpailuissa, sekä päästötasoja ohjaavat politiikka-toimet. Toimialoilla yleisesti ajureina mainittiin päästöluokat, kilpailu, sekä yleinen teknologian kehitys valmistajien toimesta.

**Taulukko 47.** Avoimet vastaukset koskien oman organisaation, asiakkaan ja toimialan vähähiilisyystavoitteita. Taksialan vastaukset erikseen.

Oma organisaatio	Asiakas	Toimiala
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hiilineutraalius tai päästöjen puolittaminen tiettyyn vuoteen mennessä</b></li> <li>• <b>Energiankulutuksen vähentämiseen liittyvät tavoitteet</b></li> <li>• <b>Energiatehokkuuden kehittäminen</b></li> <li>• <b>Jakelussa käytettävät kuorma-autot sähkökäyttöiseksi</b></li> <li>• <b>Kaluston uusiminen</b></li> <li>• <b>Uusiutuvan dieselin käyttö (Neste My) tai muut uusiutuvat polttoaineet</b></li> <li>• <b>Ympäristösertifikaatin tavoittelu</b></li> <li>• <b>Muut kuin ajoneuvoihin liittyvät tavoitteet</b></li> <li>• <b>Työsuunnittelun tehostaminen</b></li> <li>• <b>Yhteistyöhankkeet fossiilittoman liikenteen saralla</b></li> <li>• <b>Yleiset yhteiskuntavastuuseen liittyvät tavoitteet</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suurten asiakasyritysten vaatimukset korostuvat</li> <li>• Julkisen sektorin kilpailutukset ja tiukat vaatimukset niissä</li> <li>• Kaupunkiliikenteen hiilineutraalius-tavoitteet</li> <li>• Tulevan puhtaiden ajoneuvojen direktiivin odotetaan kiristävän hankintoja</li> <li>• Tietyt päästötasot edellytetään kilpailutuksissa</li> <li>• Raportointivelvoitteita päästöihin liittyen</li> <li>• Kuormakoot kasvavat</li> <li>• Luontoarvojen ja monimuotoisuuden vaaliminen urakoiden antajille tärkeää metsätaloudessa</li> <li>• PEFC ja FSC sertifiointeja vaaditaan</li> <li>• Kunnat ja suuret asiakkaat odottavat tietyn ikäistä kalustoa</li> <li>• Elinkaarihankkeet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajoneuvojen Euro-luokat</li> <li>• Biokaasu, sähkö ja suuremmat kuormat näkyvät</li> <li>• Tiukentuneet euro-normit, HVO diesel, kaasu ja sähkö mukana hankintojen pisteytyksissä</li> <li>• Kilpailijat uusivat kalustoa päästöt huomioden</li> <li>• Kunnilla ja valtiolla kovia tavoitteita, joita hankala saavuttaa, ellei hintoja nosteta</li> <li>• Kiinnostus uusiutuvaan dieseliin merkittävä</li> <li>• Sähköbussit yleistyessä</li> <li>• Diesel-moottoreiden päästökäytös on ollut nopeaa 15 vuotta</li> <li>• Kehitysresursseja kohdistetaan liikaa moottoritekniikkaan yleisten tuottavuus- ja resurssitehokkuus-innovaatioiden sijaan</li> <li>• Vikaherkkyys kasvaa päästömäärien tiukentuessa</li> <li>• Työkoneet seuraavat kuorma-autojen kehitystä</li> <li>• Rakennusalan Green deal sopimukset</li> <li>• Paljon potentiaalia työmaiden logistiikan tehostamisessa</li> </ul>



Taksiala		
Oma organisaatio	Asiakas	Toimiala
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuljettajien ajokoulutus</li> <li>• Kaluston uusinta</li> <li>• Biopolttoaineen tao biodieselin suosiminen saatavuuden mukaan</li> <li>• Hybridien hankinta, kun latauksella ajettavat matkat kasvavat</li> <li>• Yleinen päästöjen pienentäminen, pääasiassa käyttövoimavalinnoilla</li> <li>• Sähköautoihin siirtyminen</li> <li>• Vähäpäästöisyyden hyödyntäminen markkinoinnissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiakkaat arvostavat yleisesti ottaen vähäpäästöisyyttä</li> <li>• Kilpailutuksissa huomiotavat päästöluokat</li> <li>• Valtakunnan tasolla vähäpäästöisyyteen sitoutuneet asiakkaat</li> <li>• Kuntien hiilineutraaliustavoitteet</li> <li>• Julkiset toimijat</li> <li>• Kelan vaatimukset</li> <li>• Tyhjäkäyntikielto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autovalmistajien kehitystyö moottoriteknologian osalta</li> <li>• Alalla usko Nesteen uusiutuviin diesel-tuotteisiin</li> <li>• Autokannan uusiutuminen</li> <li>• Monipuolistunut käyttövoimavalikoima</li> <li>• EU lainsäädäntö</li> <li>• Hybridejä liikenteessä yhä enemmän</li> <li>• Kaasuautoja jonkin verran</li> <li>• Kaupungeissa sähköautoja, mutta ei maaseudulla</li> <li>• Takseille aina ollut tärkeää alhainen kulutus</li> <li>• Tahtotilaa vähentää enemmänkin, mutta sääntelyn aiheuttama tyhjänä ajo haaste</li> </ul>

## 5.2.2 Toimialojen koettu ajosuoritesidonnaisuus

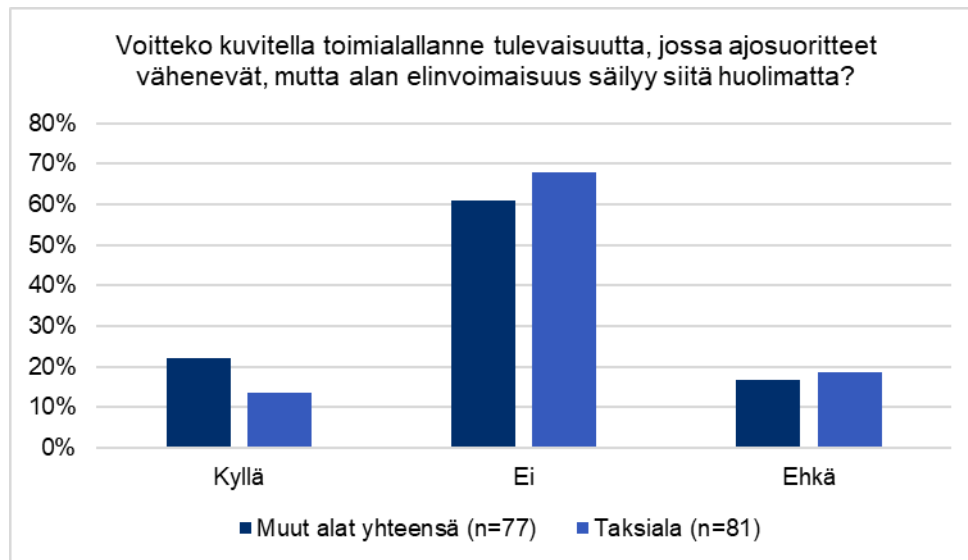
Toimialojen elinvoimaisuuden ajosuoritesidonnaisuus näkyy vastauksissa hyvin eri tavoin. Erityisesti toimialoilla, joiden liikevaihto ei ole sidottu ajosuoritteeseen, nähdään ajosuoritteiden vähentäminen ja optimointi positiivisessa valossa potentiaalina paremman suunnittelun hyödyntämisen kautta. Kuitenkin selvästi suurin osa suhtautuu negatiivisesti ajosuoritteiden ajatukseen ajosuoritteiden vähentämisestä.

Erityisesti kuljetusalan toimijat kokevat kiristyneen kilpailun johtavan siihen, että toimeentulon varmistamiseksi on ajettava yhä enemmän, sillä hinnat ovat laskusuunnassa. Samoin työkonoiden osalta käyttöasteiden korkeat tavoitteet ovat ristiriidassa ajosuoritteiden vähentämisen ajatuksen kanssa. Ajosuoritteista ja käyttöasteista kyseessä olisikin jatkotutkimuksissa hyvä tehdä selkeä ero siinä käsitelläkö yritystä kokonaisuutena, vai tarkoitetaanko yksittäistä konetta, sillä vaikka yksittäisen työkonon käyttöaste pyritään maksimoimaan, voi samanaikaisesti olla tavoitteena vähentää tarvittavien koneiden määrää, jolloin ajosuoritteet saattavat pysyä ennallaan tai laskea.

Myönteisesti ajosuoritteiden vähentämiseen suhtautuvat korostivat hinnoittelun mukauttamista, optimointia ja parempaa suunnittelua. Taksialalla nähtiin myös potentiaalia kokonaisajosuoritteiden vähentämiselle, mutta jälleen lainsäädäntö nähtiin esteeksi.

Epävarmoja (Ehkä) vastauksia leimasivat pohdinnat yrityksen palvelutason ylläpitämisestä, useiden toimijoiden yhteistyön tarpeesta, sekä esimerkiksi tieinfran ja säätilojen vaikutukset oman päätöksenteon ulkopuolisina tekijöinä.

**Kuva 57.** Toimialan elinvoimaisuus ja ajosuoritteet.



Oheisessa avoimien vastausten taulukossa on listattuna vastaajien esille tuomia mahdollistavia (Kyllä), estäviä (Ei), sekä epävarmuutta aiheuttaviksi koettuja (Ehkä) tekijöitä.

**Taulukko 48.** Toimialan elinvoimaisuus ja ajosuoritteet. Avoimet vastaukset.

Kyllä	Ei	Ehkä
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitää huomioida vuodenajat ja maantieteelliset erot väli- matkoineen</li> <li>• Jos ajosuoritteesta parempi korvaus, korkeampi hinta</li> <li>• On hieman varaa ajojen optimoinnilla</li> <li>• Tehokkaampaa toiminnanohjausta vaatii</li> <li>• Ajoneuvojen käytön tehokkuutta kasvat- tamalla ja optimoi- malla eli vähemmän ilman asiakasta aja- mista</li> <li>• hyvällä työsuunnit- telulla</li> <li>• taksialalla olisi va- raa tehokkuuden li- säämiseen, ennen taksilakiuudistusta ajo oli tehokkaam- paa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaluston käyttöaste pidet- tävä korkeana</li> <li>• Pitäisi lisätä ajoa</li> <li>• Ei mahdollista sillä työmaa- koot pienenevät ja aiheut- taa logistista epäteho- kuutta puunkorjuussa</li> <li>• Puun uittoa ei enää tehdä</li> <li>• Pääomavaltainen ala vaatii koneille korkeat käyttöas- teet</li> <li>• Etäisyydet metsiin suuria</li> <li>• Uusi taksilaki estää</li> <li>• Kilpailu liian aggressiivista ja ajokilometrien hinnat las- kussa</li> <li>• Hintojen laskiessa täytyy pyrkiä ajamaan yhä enem- män</li> <li>• Kannattavuus heikkenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hieman, mutta vaikuttaisi palve- lutasoon</li> <li>• Jos palvelutaso alenee niin ul- komaiset alemman kustannus- rakenteen yritykset saattavat viedä markkinaosuutta</li> <li>• Vaatisi useamman toimijan sau- matonta yhteistyötä</li> <li>• Mikäli saman rahan saa vähem- määstä työstä tulevaisuudessa</li> <li>• Suurin vaikuttava tekijä on sää- tila ja tiekohtainen liikenne, jotka määrittävät tienhoidon tar- vetta</li> <li>• Työkoneiden kokoa ei mahdol- lista suurentaa paljoa johtuen ti- lojen, peltojen ja teiden laa- dusta ja rakenteista</li> <li>• Mikäli dieselille löytyisi kustan- nustehtokkaampi vaihtoehto</li> <li>• Työn tehostamisella</li> <li>• Monien alan toimijoiden tarvike- täydennystä yhdistelevä ja pal- veleva kuriiritoimija</li> <li>• siirtoajaja tyhjällä autolla pitäisi pyrkiä vähentämään</li> </ul>

### 5.2.3 Esteet ja edistävät tekijät

Ajoneuvojen ja työkoneiden päästöjen vähentämisen esteitä kysyttäessä (kys. 44.), nousivat mainintojen kärkeen taloudelliset tekijät, kuten verotus, kilpailu ja kannatta- vuus. Vanhojen, käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen ja työkoneiden saatavuus ja kilpailukykyinen hinta yhdistettynä mielikuviin luotettavammasta teknologiasta estävät vähäpäästöiseen teknologiaan siirtymistä. Vastauksista ilmenee, että uusia vähäpääs- töisiä teknologioita verrataan erityisesti perinteisen dieselin saatavuuteen, hintaan ja moottoriteknologian luotettavuuteen.

**Taulukko 49.** Ajoneuvojen ja työkoneneiden päästövähennyksiä estävät tekijät. (Kysymys 44.)

Muut alat	Taksiala
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autovero</li> <li>• Kuljetusalan heikko kannattavuus</li> <li>• Huomattavan suuri vanhojen ajoneuvojen ja työkoneneiden maahantuonti</li> <li>• Fossiilisen dieselin edullisuus suhteessa uusiutuvaan dieseliin</li> <li>• Korkeat hankintahinnat ja kustannukset</li> <li>• Investointeja ei pysty siirtämään omiin tuotteiden ja palveluiden hintoihin</li> <li>• Uusi tekniikka kallista ja vikaherkkää</li> <li>• Metsätalouden työkoneneissa ei voi siirtyä sähköön - metsässä ei voi ladata</li> <li>• Heikko työnjohto</li> <li>• Uusien moottoritekniikoiden ja muiden päästövähennystekniikoiden toimintavarmuus heikko</li> <li>• Työkoneneiden vaihtoehtoiset käyttövoimat haasteellisia - polttoaineet on kuljetettava työmaille</li> <li>• Pakettiautoissa vaihtoehtojen puute, kun neliveto välttämätön</li> <li>• Työkoneneiden pitkäikäisyys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veronkorotukset</li> <li>• Kilpailulainsäädäntö</li> <li>• Asiakkaat eivät vaadi</li> <li>• Biopolttoaineiden saatavuus</li> <li>• Hybridien pitkät latausajat</li> <li>• Sopivien ajoneuvojen saatavuus erityisvaatimuksin kuten esteettömyys</li> <li>• Hankintahinnat</li> <li>• Latauspaikkojen puute</li> <li>• Laskutettavat hinnat laskeneet, mikä pakottaa harkitsemaan käytettyjä ajoneuvoja</li> <li>• Korkeat hankintahinnat verrattuna dieseliin</li> <li>• Pitkät yhtäjaksoiset ajomatkat ilman esimerkiksi latausmahdollisuutta</li> <li>• Saatavilla olevan kaluston sopimattomuus ammattiliikenteeseen</li> <li>• Toimintasäde kaasulla tai sähköllä</li> </ul>

Ajoneuvojen ja työkoneneiden päästöjen alentamista edistäviksi tekijöiksi tai edellytyksiksi (kys. 43., taulukko 50) mielletään ympäristötavoitteiden yhdensuuntaisuus liiketoiminnan tavoitteiden ja asiakkaiden vaatimusten kanssa, yleiset asenteet, ja teknologian yleinen kehitys. Myös erilaiset tuet investointeihin ja vaihtoehtoisien käyttövoimien saatavuuden ja palvelutason kohentamiseen nähdään päästövähennyksiä edistävinä mahdollisuuksina. Kuitenkin myös inhimilliset tekijät on huomioitu, ja yksinkertaisesti ajotapamuutokset ja kuljettajien kouluttaminen nähdään yhtenä tekijänä yli toimialojen.

**Taulukko 50.** Ajoneuvojen ja työkoneiden päästövähennyksiä edistävät tekijät. (Kysymys 43)

Muut alat	Taksiala
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kustannussäästöt</li> <li>• Ajotapamuutokset</li> <li>• Uusi kalusto</li> <li>• Asiakkaiden kasvava ympäristötietoisuus</li> <li>• Euro-luokkiin perustuva verotus</li> <li>• Hankintatuet jotka edesauttavat hintojen pitämistä kilpailukykyisenä</li> <li>• Konevalmistajien tekniset ratkaisut</li> <li>• Kasvutavoitteet</li> <li>• Kilpailutusmallit, mikäli ne aidosti huomioivat päästö- ja energia-asiat, eivätkä priorisoi hintaa</li> <li>• Ympäristötuet</li> <li>• Tilaajien vaatimukset</li> <li>• Vaihtoehtoisten käyttövoimaratkaisujen luotettavuuden kehittyminen</li> <li>• Uudet koneet ja valmistajien suositukset</li> <li>• Tietoisuus, yleinen ilmapiiri</li> <li>• Logistinen optimointi</li> <li>• Verotuksessa vähäpäästöisten valintojen huomiointi tukisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asenteet</li> <li>• Kuljettajien koulutus</li> <li>• Verojen pienentäminen</li> <li>• Autojen kehitys</li> <li>• Hankintatuet</li> <li>• Hintojen nostaminen</li> <li>• Kilpailutukset, joissa vähäpäästöisestä ollaan valmiita maksamaan enemmän</li> <li>• Latausinfra laajennus ja tuet</li> <li>• Tekniikan kehittyminen</li> <li>• Monin paikoin koettu pakko</li> <li>• Verotuksen kautta ohjaaminen vähäpäästöisempiin</li> </ul>

## 5.3 Vähähiiliseen siirtymään liitetyt riskit

Vähähiilisen liikenteen vaatimaan siirtymään ja siihen pyrkivään politiikkaan yhdistettyjä riskejä kysyttäessä ei eritelty tarkemmin politiikkaa tai keinoja, vaan kartoitettiin vastaajien mielikuvia avoimin vastauksin (taulukko 51).

Liiketoiminnan ulkopuolelta tuleviksi miellettäviä vaatimukset koetaan paikoin ylimitoitetuiksi ja kohtuuttomiksi. Siirtymän lyhyet ja muuttuvat aikajänteet aiheuttavat huolta, kuten myös käytännön tarpeiden ja politiikan kohtaamattomuus. Liiketoiminnan näkökulmasta olennaisimmiksi riskeiksi nostettiin kannattavuuden heikentyminen ja mahdollisiksi koetut kalliit investoinnit uuteen teknologiaan, mitä ei pystytä täysimääräi-

sesti siirtämään hintoihin. Vastausten perusteella vaikuttaa myös, että vähäpäästöisyyttä edellyttävissä julkisissa hankinnoissa lopulta hinta on painavampi peruste, jolloin investointien takaisinmaksun riskit saattavat kasvaa. Myös kilpailun keskittyminen alojen suurimmille toimijoille nähdään huolenaiheena, sillä suuremmilla toimijoilla on paremmat investointimahdollisuudet.

Teknologian näkökulmasta vastauksissa huomioitiin myös autojen massojen kasvu sähköistämisen myötä, joka puolestaan kasvattaa liikkumiseen tarvittavaa energiaa. Päästöpolitiikan pelättiin myös kaventavan mahdollisten vaihtoehtoisten polttoaineiden määrää tulevaisuudessa.

**Taulukko 51.** Liikenteen vähähiiliseen siirtymään ja sitä ajavaan politiikkaan liitetyt riskit.

Muut alat	Taksiala
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaihtuvat poliittiset tavoitteet ja epärealistiset aikajänteet</li> <li>• Ylimoitettut vaatimukset</li> <li>• Yhteiskunnan kilpailukyvyn kannalta liian aggressiiviset, toimintaedellytyksiä haittaavat toimenpiteet</li> <li>• Liiallinen ideologisuus</li> <li>• Kysyntä ei kasva sopusuhtaisesti päästötoimien vaatimusten kanssa</li> <li>• Pakollisiksi koetut, kalliit investoinnit vaikeissa taloudellisissa tilanteissa</li> <li>• Kokemus pakottamisesta</li> <li>• Käytännön tarpeet ja asiantuntemus eivät kohtaa poliittisten tavoitteiden kanssa</li> <li>• Yritystoiminnan edellytysten heikentyminen</li> <li>• Uuden tekniikan elinkaari päästöjen ja kustannusten epävarmuus</li> <li>• Kustannukset ovat epärealistiset pienyrityksille, ja kaluston valmistajat tietävät tämän, mikä hidastaa siirtymää</li> <li>• Kannattavuus heikkenee</li> <li>• Ennestään kansainvälisessä mielessä vastuullinen suomalainen teollisuus joutuu ahtaalle ja siirtyy maihin, joissa kannattavuus on helpompi saavuttaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autojen massat nousevat</li> <li>• Akkuteknologia</li> <li>• Vääristyneet valmistajien päästötavoitteet eivät vastaa todellisuutta</li> <li>• Täyssähköautot ohjaavat rahavirtoja sijoittajille, viitaten suomalaisen sähköinfran omistukseen</li> <li>• Rajoitteet ja lisäkustannukset, jotka kohdistettu yksityisautoilun vähentämiseen, mutta tulevat myös yritysten maksettavaksi</li> <li>• Harvaan asuttujen seutujen ja maaseudun asukkaiden, kuntien ja yrittäjien kustannukset nousevat</li> <li>• Alan kannattavuus kärsii</li> <li>• Julkiset hankinnat eivät aidosti huomioi päästöjä, vaan hinnan</li> <li>• Kaluston uusiminen kallistuu entisestään</li> <li>• Liian nopea siirtymä aiheuttaa ongelmia liiketoiminnalle ja päättäjien tietotaso ei vastaa käytäntöä</li> <li>• Koko yhteiskunnan kustannukset nousevat</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdottomuuksien vaatiminen, esimerkiksi sähköiset työkoneet</li> <li>• Poliittinen ohjaus supistaa muiden mahdollisten käyttövoimien kehittymisen</li> <li>• Vain suurimmat yritykset pääsevät kilpailemaan urakoista</li> <li>• Pohjoisen olosuhteet ovat haastavat uuden teknologian ja sähkön kannalta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toimien ja muutosten koettu pakollisuus ja kohtuuttomuus kansainvälisessä vertailussa</li> <li>• Taksiliikenteen keskittyminen suurille yrityksille</li> <li>• Yksipuolinen näkemys pelkästä sähköstä polttoaineena</li> <li>• Kohtuuton idealismi, päätöksenteko ja toteutus kaukana toisistaan</li> </ul>
--	--

### 5.3.1 Ohjauskeinoihin yhdistetyt mielikuvat

Kysely sisälsi osion koskien jo olemassa olevia, sekä mahdollisia poliittisia ohjauskeinoja liikenteen päästöjen ohjaukseen liittyen. Lisäksi vastaajilla oli mahdollisuus kommentoida vapaamuotoisesti avoimella vastauksella muita mahdollisesti heidän alaan vaikuttavia ohjauskeinoiksi miellettyjä toimia ja niiden vaikutuksia.

**Taulukko 52.** Kyselyssä käsitellyt ohjauskeinot.

Nykyisin käytössä olevat ohjauskeinot	Mahdolliset ohjauskeinot
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autovero henkilö- ja pakettiautoille (rekisteröitäessä)</li> <li>• Ajoneuvovero (vuosittainen, päästöperusteinen)</li> <li>• Käyttövoimien verotus (polttoainevero, sähkö, kaasu)</li> <li>• Biopolttoaineiden jakelunelvoite (käyttövoimien kattava saatavuus)</li> <li>• Lataus- ja tankkausinfrastruktuurin tuet (käyttövoimien kattava saatavuus)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienkäyttömaksut (esim. ruuhkamaksu, ruuhkavero, tietulli)</li> <li>• Informaatio-ohjaus (esim. viestintä, tiedotus, avoimet laskurit ja muut päätöksentekoa helpottavat sovellukset)</li> </ul>

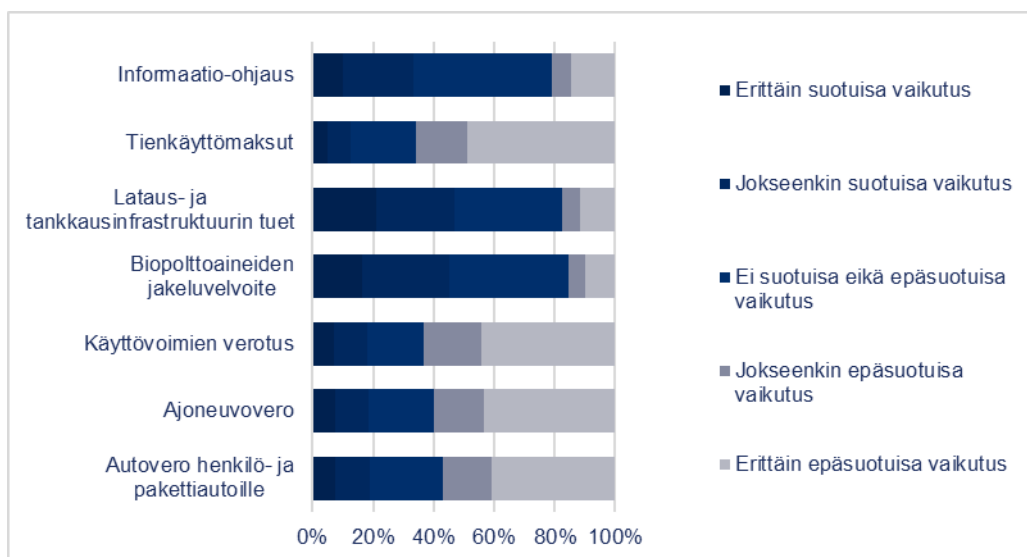
Ohjauskeinoja koskien vastaajilta kysyttiin heidän näkemyksiään mainittujen keinojen vaikutuksista päästöjen kehitykseen käyttötapojen muuttamisen avulla, päästöjen kehitykseen teknologian kehityksen sekä liiketoimintaedellytyksiin vastaajan organisaation näkökulmasta. Käyttötapojen muutoksesta esimerkkeinä mainittiin kysymyksenasettelussa ajosuorituksen vähentäminen ja käytön optimointi. Teknologian kehityksestä esimerkkeinä käytettiin vaihtoehtoisia käyttövoimia, ajoneuvojen uusimista,

sekä energiatehokkuuden kasvattamista. Vastaukset annettiin likert -asteikolla *erittäin suotuisasta* vaikutuksesta *erittäin epäsuotuisaan*.

Vaikka ohjauskeinoista kysyttiin kolmesta eri näkökulmasta, olivat niiden vastausten jakaumat huomattavan yhdenmukaisia. Ohjauskeinoja koskeneiden kysymysten voidaan tulkita jääneen kyselyn kohderyhmä huomioiden liian teoreettiselle tasolle, ja käytännön esimerkit ohjauskeinojen mahdollisista käytännön vaikutuksista olisivat saattaneet tuoda informatiivisempia vastauksia. Tästä syystä ohjauskeinojen odotettuja vaikutuksia koskevia vastauksia lienee mielekkäämpää tulkita ennemminkin ohjauskeinoihin liitettyjen positiivisten ja negatiivisten mielikuvien kautta, etenkin *mahdollisten* ohjauskeinojen osalta. Jatkotutkimusta odotetuista ja todennäköisistä vaikutuksista tarvitaan konkreettisen keinovalikoiman selkiytyttyä.

Positiivisimmat mielikuvat liitettiin informaatio-ohjaukseen, lataus- ja tankkausinfrastruktuurin tukiin, sekä biopolttoaineiden jakeluelvoitteeseen. Huomattava osuus vastaajista, 40-50%, koki tienkäyttömaksujen, käyttövoimien verotuksen, ajoneuvoveron ja autoveron vaikuttavan erittäin epäsuotuisasti tai jokseenkin epäsuotuisasti, oli kyse sitten päästöjen vähentämisestä, tai liiketoimintaedellytyksistä. Tämä on linjassa monin paikoin avoimien vastausten kanssa, joissa usein välittyi huoli kustannusrakenteesta ja kilpailukyvystä, sekä investointien houkuttelevuudesta. Toisaalta myös suotuisaksi miellettyjen ohjauskeinojen osalta vastaukset ovat linjassa sen suhteen, että avoimissa vastauksissa on välittynyt tarve kulloisenkin valittavan käyttövoiman paikallisen saatavuuden tärkeydestä, joihin tankkausinfra ja jakeluelvoite vahvasti liittyvät.

**Kuva 58.** Ohjauskeinojen vaikutukset (liike)toimintaedellytyksiin





## 6 Skenaariot ja vaikuttavuusanalyysit

### 6.1 Skenaariot omistajan kokonaiskustannuksen kehitykselle (TCO)

#### 6.1.1 Menetelmä ja lähtötiedot

Hankkeessa on tarkasteltu yritysten hankkimien ajoneuvojen roolia liikenteen käyttövoimien, energiankäytön ja päästöjen kokonaisuudessa. Erityisesti raskaan kaluston ajoneuvot ja myös työkoneet ovat kaupallisessa tuotantokäytössä eli niitä hankitaan kaupallisin ja liiketoiminnallisin perustein. Ajoneuvon hankintapäätökseen vaikuttavat monet asiat: teknologian valmiusaste, markkinan kypsyys, tukevan infrastruktuurin olemassaolo tai rakentuminen, sekä myös subjektiiviset tekijät.

KAROLIINA-työssä ajoneuvojen eri käyttövoimien teknis-taloudellista houkuttelevuutta ja kilpailukykyä on arvioitu ajoneuvon omistajan kokonaiskustannuksen (Total Cost of Ownership, TCO) ennakoidun kehityksen kautta. Analyysi sisältää sekä pääomakulut (CAPEX) että ajoneuvojen käyttöön liittyvät muuttuvat kulut (OPEX). Kaluston käyttöön kuluvia työtunteja ei ole huomioitu, eli analyysi olettaa, että tältä osin käyttövoimien välillä ei ole eroa. Analyysi ei myöskään ota suoraan kantaa eri lataus- ja tankkausinfrastruktuurin olemassaoloon tai toteuttavuuteen ajoneuvojen operoinnin mahdollistamiseksi. TCO-analyysin metodiikkaa ei esitetä tässä raportissa kuin suppeasti. Taustaa projektin tarpeisiin jatkokehitetystä menetelmästä on julkaistu aiemmin [Pihlatie, IEVC 2014]. Analyysin tausta- ja lähtötietoja on koottu muun muassa seuraavista lähteistä: [Frost & Sullivan, 2021], [Ruf, FCH JU 2020], [Pfadke, Berkeley Labs 2021]. Polttoaineiden hinnoista tehtyjä oletuksia on peilattu lähteisiin [Sipilä E., 2018], [NEOT Oy, 2021] sekä kaasuajoneuvojen osalta keskusteluista Gasumin kanssa.

Analyysissä tarkastellut päämuuttujat ja käytetyt arvot on esitetty taulukossa Taulukossa 48. Ajoneuvojen pitoajaksi (poistoajaksi) oletetaan 15 vuotta tasaisella poisto-ohjelmalla. Analyysi ei ota kantaa siihen, vaihtaako ajoneuvo omistajaa käyttöiän aikana ja millä jäännösarvoilla. Ajovoimalinjan, latausinfrastruktuurin ja polttokennojen eliniäksi oletetaan ajoneuvon pitoaika 15 vuotta. Sen sijaan akkujen elinikä on laskennassa muuttujana yksinkertaistetusti siten, että akuston kapasiteetin, käyttötapauksen

ominaiskulutuksen ja ajokilometrien (käyttösykliä) mukaisesti arvioidaan akun elinikä oletetun syklielinian pohjalta poistokriteerillä kapasiteettipiste 80%, jossa akulle kirjaan jäännösarvo 10%.

**Taulukko 53.** TCO-analyysin keskeiset lähtötiedot

Suure	Arvo
Korkokanta	5%
Ajoneuvon pitoaika	15 v (ei käyttöasteriippuvuutta)
Latauslaitteen pitoaika	15 v (ei käyttöasteriippuvuutta)
Polttokennon elinikä	15 v (ei käyttötuntiriippuvuutta)
Liikennöintipäiviä vuodessa	250

TCO-analyysi keskittyy raskaaseen tieliikenteeseen ja on jaettu kuuteen käyttötapaukseen ajoneuvon tyypin ja sen tyypillisen käytön mukaisesti:

1. Linja-autot (kaupunki)
2. Linja-autot (kaukoliikenne)
3. Kuorma-autot 15 t (kaupunkiliikenne)
4. Rekat puoliperävaunut 48 t (maakuntajakelu ja kaukoliikenne)
5. Rekat 76t täysperävaunut (puutavarakuljetukset)
6. Kuorma-autot 35t (maa-aineskuljetukset)

Käyttötapaukset on valittu siten, että ne voivat kuorma-autojen operointia kuvaavien lähtötietojen osalta mahdollisimman hyvin tukeutua edellä kappaleessa 3 käsiteltyihin maantiekuljetusten tilastotietoihin. Nämä ajoneuvotyyppit ovat vuorostaan alla olevassa taulukossa pääasiallista kalustoa seuraavissa KAROLIINAN skenaariotyön käyttötapauksissa.

**Taulukko 54.** TCO- ja systeemidynaamisen skenaarioanalyysin käyttötapaukset

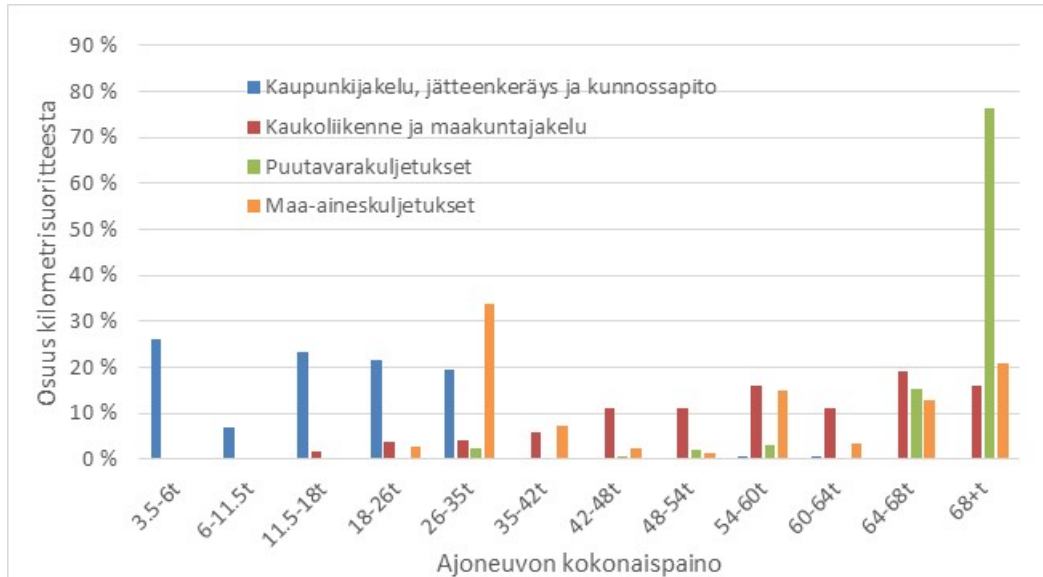
	<b>Pääasialliset ajoneuvotyypit</b>	<b>TCO</b>	<b>Systeemi-dynamiikka</b>
Henkilöauto pieni	Hatchback, sedan	-	x
Henkilöauto iso	Farmari, SUV	-	x
Pakettiautot		-	x
Linja-auto kaupunki	12m, 15m, 18m	x	x
Linja-auto tilaus ja linjat	12m	x	x
Kuorma-auto kaupunkien jakelu ja hyötyliikenne	Kuorma-autot 6t Kuorma-autot 15t Kuorma-autot 26t	- x x	x
Kuorma-autot maakuntajakelu ja kaukoliikenne	Rekat 48t (puoliperävaunu) Rekat 60t (täysperävaunu) Rekat 76t (täysperävaunu)	x - -	x
Kuorma-autot maa-aineskuljetukset	Kuorma-autot 35t	x	x
Rekat puutavarakuljetukset	Rekat 60t Rekat 76t	- x	x
Työkoneet kaupunkiympäristöissä	Pyöräkuormaajat Kaivinkoneet	-	x
Maa- ja metsätalouskoneet	Traktorit Hakkuukoneet	-	x
Non-road työkoneet	Trukit	-	x

Erityyppisten ajoneuvojen sijoittumista systeemidynaamisessa mallinnuksessa käytäviin käyttötapauksiin analysoitiin kaluston tilastoitujen luokkien ja käyttötapauksien ominaispiirteiden kautta. Kuorma-autojen ja rekkojen osalta alla oleva taulukko havainnollistaa eri ajoneuvotyyppejä, niiden ominaisuuksia, tehoja ja soveltuvuutta eri käyttötapauksiin. Vastaavasti Kuva 59 esittää tilastoista poimittuja jakaumia eri käyttötapauksissa painoluokittain.

**Taulukko 55.** Eri ajoneuvotyypit ja niiden keskeiset ominaisuudet ja sijoittuminen eri käyttötapauksiin.

Tilastoitu luokka	Alueen keskikohta (t)	Kuorma-auton yleisin tyyppi	Teho (kW)	Pääkäyttötapaukset
11.5 - 18 t	14.75	2-akselinen	220	Kaupunkijakelu, jätteenkeräys, kunnossapito
18 - 26 t	22	3-akselinen	220	Kaupunkijakelu, jätteenkeräys, kunnossapito
26 - 35 t	30.5	4-akselinen	270	Maa-aineskuljetukset
35 - 42 t 35 - 44 t (5-aks.)	38.5	Puoliperävaunu	270 350	Kaupunki, Kaukoliikenne ja maakuntajakelu, Maa-ainekset
42 - 48 t 44 - 53 t (6-aks.)	45	Puoliperävaunu Täysperävaunu	330 350	Kaukoliikenne ja maakuntajakelu
53 - 60 t (7-aks.)	57	Täysperävaunu	360	Puutavarakuljetukset, Kaukoliikenne ja maakuntajakelu, Maa-aineskuljetukset
60 - 64 t	62	Täysperävaunu	360	Puutavarakuljetukset, Kaukoliikenne ja maakuntajakelu, Maa-aineskuljetukset
60 - 68 t (8-aks.)	66	Täysperävaunu	400	Puutavarakuljetukset, Kaukoliikenne ja maakuntajakelu, Maa-aineskuljetukset
68 - 76 t (9-aks.)	70	Täysperävaunu	400	Puutavarakuljetukset, Kaukoliikenne ja maakuntajakelu, Maa-aineskuljetukset

**Kuva 59.** Erityyppisten kuorma-autojen ja yhdistelmien sijoittuminen raskaan tieliikenteen käyttötapauksiin.



## 6.1.2 Analysoidut perustapaukset ja niiden TCO-skenaariot:

Jokaisessa skenaariossa tarkasteltiin käyttövoimia diesel/HVO, maakaasu/biokaasu, sähkö ja vetypolttokeino. Kaasujoneuvojen osalta, polttoaineena metaani oli joko paineistettuna CNG/CBG (kohdat 1, 2) tai nesteytettynä LNG/LBG (kohdat 3 - 6). TCO-skenaarioita esitetään 4 kpl aikavälillä 2021 - 2035, joista jokainen sisältää TCO-tarkastelun 15 vuoden pitoajan yli siten, että lähtötietoja muutetaan avainparametrien osalta. Skenaariot pyrkivät siis arvioimaan TCO-ennustetta kaluston ostopäätöksen hetkillä vuosina 1, 5, 10 ja 15 (vastaa kalenterivuotia 2021, 2025, 2030 ja 2035). Tärkeimmät lähtöparametrit sekä hankintavuoden mukaan muuttuvat parametrit ja niiden muutosnopeudet on esitetty liitteen taulukoissa. Lähtötilanteessa akuston tyyppi on oletettu NMC<sup>24</sup> kaikilla ajoneuvoilla ja akun hinta lähtötilanteessa 300 €/kWh (oletetaan tämän hetken automotive-akkupaketin hinnaksi 200 €/kWh ja lisätään siihen 50%

<sup>24</sup> Li-ioniakuissa yleisesti käytetty kemia, jossa anodin materiaali on grafiitti ja katodilla on nikkeli-mangaani-koboltti sekaoksidi (NMC).

premium-lisää pienemmistä sarjoista ja korkeammista vaatimuksista kennojen kestävyydelle ja eliniälle). Kaikki sähköajoneuvot on suunniteltu pikaladattaviksi 30 minuutissa, pikalatauksen mitoitusteho määräytyy siitä.

Keskeisimpien TCO-skenaarioiden 15 vuoden tarkasteluvälillä muuttuvien lähtöparametrien arvot on esitetty liitteessä taulukoissa (CAPEX) ja (OPEX, CAPEX). Kulutuksen osalta lähtötietoina on käytetty VTT:n LIPASTOa sekä VTT:n omia simulaatioita hyödyntäen VTT Smart eFleet simulointiympäristön ajoneuvo- ja ajosyklisivauksia, joita on verrattu mm. VECTO:n tuloksiin. Kaasun kulutukselle on käytetty kautta linjan dieselkäyttöisten ajoneuvojen kulutuksia ja suoraa muuntokerrointa 0.89 (diesel l/100 km vs kaasu kg/100 km). Kaasuajoneuvon on tässä tapauksessa oletettu olevan pelkkää kaasua käyttävä, siis ei ns. dual fuel ajoneuvo (diesel & kaasu). Edelleen kaasuajoneuvoista käyttötapauksen 1, 2, 3 ja 6 oletetaan käyttävän CNG/CBG:tä ja käyttötapauksen 4, 5 LNG/LBG:tä. Kaasuajoneuvojen säiliöiden kustannuksiksi on oletettu liitteen taulukossa käytetyt vetysäiliöiden hinnat, voimalinjalle 10% lisäkustannus verrattuna dieseliin. Tällä hetkellä kaasukuorma-autoille myönnettävä hankintatuki on kuvattu skenaariossa: käyttötapauksissa 4 ja 5 tuki on 12 000 €/ajoneuvo, ja käyttötapauksissa 3 ja 6 tuki on 5000 €/ajoneuvo. Edelleen oletetaan, että hankintatuki pienee lineaarisesti 10% vuodessa.

Dieselin ja kaasun osalta molemmilla on fossiilinen komponentti (diesel, maakaasu) ja biopolttoainekomponentti (HVO, biokaasu) ja näitä sekoitetaan sekoitevelvoitteen osoittamassa suhteessa, joka on vuonna 1 20% ja nousee lineaarisesti arvoon 34% vuonna 15. Skenaariotarkastelun ollessa kunakin 15 vuonna hankittujen ajoneuvojen omistajuuden kokonaiskustannukselle 15 vuoden pitoajan yli, polttoainekustannuksen osalta huomioidaan kunkin hankintavuoden ennakoitu polttoainekustannus käyttämällä nykyarvofunktiota (NPV) ja ennakoitua OPEX-polttoainekustannusten muutosta (käyttäen korkokantana kunkin polttoainekomponentin ennakoitua vuotuista hinnannuutosta).

Jokaiselle yllä listatulle kuudelle käyttötapaukselle on työssä tehty neljä skenaariota:

- A. Perustapaus, jossa vakioidut lähtöarvot ja kullekin käyttötapaukselle arvioidut mitoitukset. HVO:n ja biokaasun (CGB tai LBG) hinnan vuosittainen nousu 1%<sup>25</sup> ja kaasuajoneuvoille edellä mainitut hankintatuet.

<sup>25</sup> Lukema vastaa suurin piirtein v. 2019 jakeluelvoitteen hallituksen esityksen arviota asiasta.

- B. Perustapaukseen lisätty 10% hankintatuki nollapäästöisille ZEV-ajoneuvoille (sähkö ja vety). Tuki alenee 1%-yksikköä vuodessa siten, että 11. vuonna tehtäviin hankintoihin tukea ei enää myönnetä.
- C. Perustapaukseen on lisätty HVO:n ja biokaasun (CGB tai LBG) hinnan vuosittainen nousu 5%<sup>26</sup>. Hankintatukea ei ole. Tämä kuvaa dieselin ja kaasun biokomponenttien markkinahinnan kasvu-uraa esimerkiksi raaka-aineiden rajallisen skaalautuvuuden, markkinadynamiikan, korkeamman valmistuskustannuksen tai koko seokseen kohdistuvan CO<sub>2</sub>-päästön hinnoittelun vaikutusta.
- D. Perustapaukseen on lisätty samanaikaisesti skenaariot B ja C.

### 6.1.3 TCO-mallinnuksen tulokset

Yhteenveto tarkastelluista käyttötapauksista ja niissä käytetyistä ajoneuvoista on alla olevassa taulukossa. Laskelmissa käytetty sähköisen bussin tai rekan akuston koko on määritetty käyttäen kulutustaulukosta (liite) saatua kyseisen käyttötapauksen ja ajoneuvon kulutusta puolella kuormalla.

Edustava yhden ajotehtävän (mission) pituus kussakin käyttötapauksessa on määritetty käyttötapauksen operatiiviseksi reunaehdoksi ja akuston koon mitoitusperusteeksi, huomioiden elinkaaren loppupisteen oletus, että 80% akun kapasiteetista on jäljellä. Ajotehtävien mitoituspituutena käytettiin kappaleen 3.5.3 tilastollisen analyysin tietoja siten, että 60% kumulatiivisesta liikennesuoritteesta kussakin käyttötapauksessa mahtuu ajotehtävän pituuden rajaamaan ryhmään. Lisäksi kullekin ajotehtävälle on valittu kulutustaulukosta edustavin ajosyklityyppi (maantie / kaupunki / yhdistelmä). Latausjärjestelmien toteutettavuutta on arvioitu analyysissä kolmessa ryhmässä: 1 = helppo, 2 = keskivaikea, 3 = vaikea; näitä vastaavat ajovoima-akun kokoon vaikuttavat jakajat olivat: 1 = 1.2, 2 = 0.9, 3 = 0.7. Siten esimerkiksi käyttötapauksessa, jossa latausinfra toteuttaminen arvioidaan vaikeaksi, johtaa tämä ajoakun mitoituksen kasvattamiseen 43%.

<sup>26</sup> Lukema on v. 2019 jakeluvälvoitteen hallituksen esityksen arvion ja (Neot Oy, 2021) arvion välissä.

**Taulukko 56.** TCO-analyysissä läpikäytyt käyttötapaukset ja niiden tärkeimmät lähtötiedot.

Use case number	1	2	3	4	5	6
	Bus urban	Coach	Truck urban	Truck long haul	Truck timber	Truck earth moving
Vehicle/powertrain type	Truck 15t	Truck 15 t	Truck 15-20 t	Semi-trailer 40-48t	Truck 76t	Truck 35 t
Scenario / mission type	Urban	Mix	Urban	Highway	Mix	Mix
Energy consumption to dimension battery, half load (kWh/km)	1.45	1.37	0.97	1.49	2.59	1.43
Length of typical mission (60% of missions) (km)	162	362	162	362	153	53
Factor for the ease of arranging charging within or in between missions (1=easy, 2=intermediate, 3=hard)	1	1	2	2	3	3
Design recommendation for capacity of traction battery (@80% point) (kWh)	245	519	217	751	709	136
Battery capacity used for the use case analysis (kWh)	245	519	217	751	709	300
Design point range at 80% SOH point (km)	135	302	180	402	219	168
Effective full DoD battery cycles per daily km driven	0.006	0.003	0.004	0.002	0.004	0.005

Tehtyjen skenaarioiden päätulokset taulukon 51 kuudessa käyttötapauksessa on esitetty kuvissa Kuvissa 53 - 70. Kussakin kuvassa käyrät esittävät arvioitua kaluston omistajan kokonaiskustannusta keskimääräiseen vuosittaiseen kilometrisuoritteeseen liittyvää ajokilometriä kohti vuosina 2021, 2025, 2030 ja 2035. Käyttövoimina on tarkasteltu dieseliä, kaasua ja sähköä. Dieselin ja kaasun osalta fossiilista ja biokomponenttia on sekoitettu sekoitevelvoitteen suhteessa. Kustannuspariteetit eri ajankohtina voidaan arvioida käyrien leikkauspisteiden kautta. Kuviin on esimerkkinä havainnollistettu kustannuspariteettia diesel-sähkö ympyrällä vuosina 2021, 2025 ja 2030 niissä skenaarioissa, joissa se saavutetaan käytetyillä lähtötieto-oletuksilla, sekä pariteettia diesel-kaasu kolmiolla.



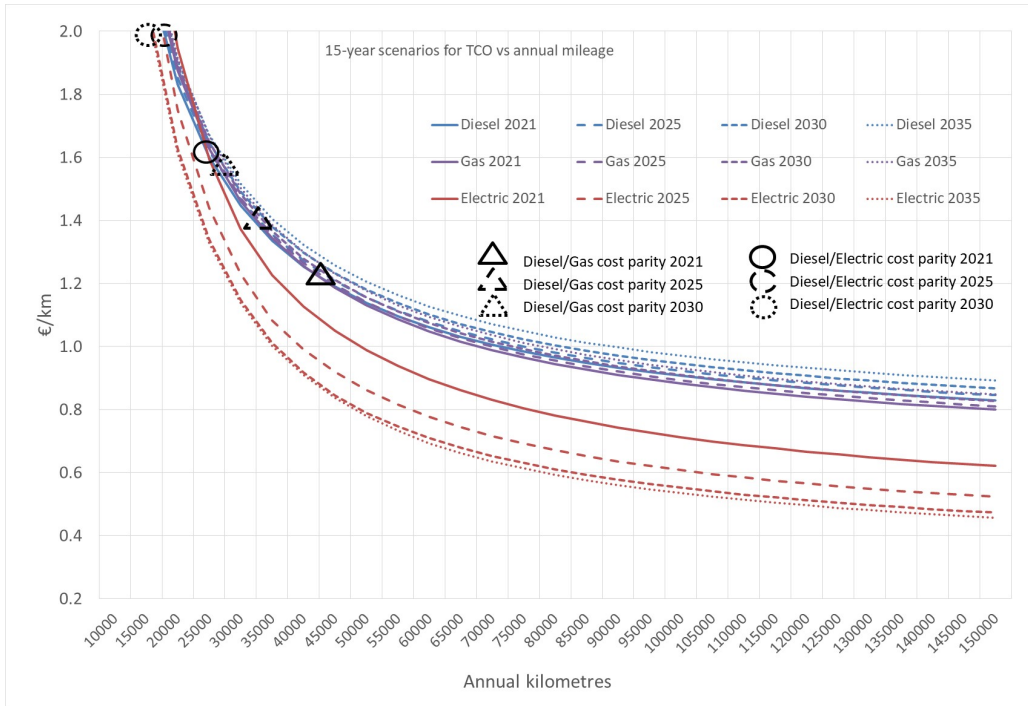
Analyysi sisälsi myös skenaariot vedyn ja polttokennojen osalta pohjautuen saatavilla olevaan dataan. Koska vety-polttokennoratkaisuiden markkinavalmius ei vielä kuitenkaan ole riittävä todellisten järjestelmävalmiuksien tasolla, näitä ei ole esitetty tulososion kuvissa. Polttokennoajoneuvojen, vedyn ja vetytankkausinfrastruktuurin saataavuuteen ja hintatasoon liittyy kaikkiin epävarmuuksia. Polttokennoajoneuvot sijoittuvat analyyseissä hieman sähköajoneuvoja kalliimmaksi kokonaiskustannuksessa. Pääomakulu verrattuna sähköajoneuvoon on karkeasti sama - polttokennoajoneuvon akkukustannus on pienempi, mutta sitä tasoittaa polttokennoteholähteen ja vetytankin kustannus. Polttoainekustannus on sähköajoneuvoa korkeampi ja sijoittuu noin sähkön ja dieselin polttoainekustannuksen puoleen väliin. Vetytankkausinfran kustannusta on joissakin muissa tutkimuksissa sisällytetty vedyn hintaan, KAROLIINAN laskelmassa vetytankkausinfrastruktuurille oletettiin noin sähköajoneuvojen latausinfran suuruinen kustannus, jonka päälle oletettiin vedylle liitteessä kuvattu hintakehitys.

Polttokennoajoneuvojen suurin markkinapotentiaali nähdään sovelluksissa ja käyttötapaüksissa, joissa yhtäjaksoinen ajomatka/suorite tai ilman latausta/tankkausta tapahtuva autonominen toiminta-aika on pidempi kuin mitä voidaan suoralla sähköistyksellä järjestelmätasolla toteuttaa. Kyseeseen tulevat siis pisimmät kuljetussuoritteet ja käyttötapaüksit, joissa latausinfrastruktuurin toteutus on hankalaa. Optimaalista nollapäästöajoneuvojen järjestelmien suunnittelua ja sovitusta tätä palvelevan väyläverkon tai teollisten ympäristöjen lataus- ja tankkausinfrastruktuurin kanssa ei työssä tarkasteltu.

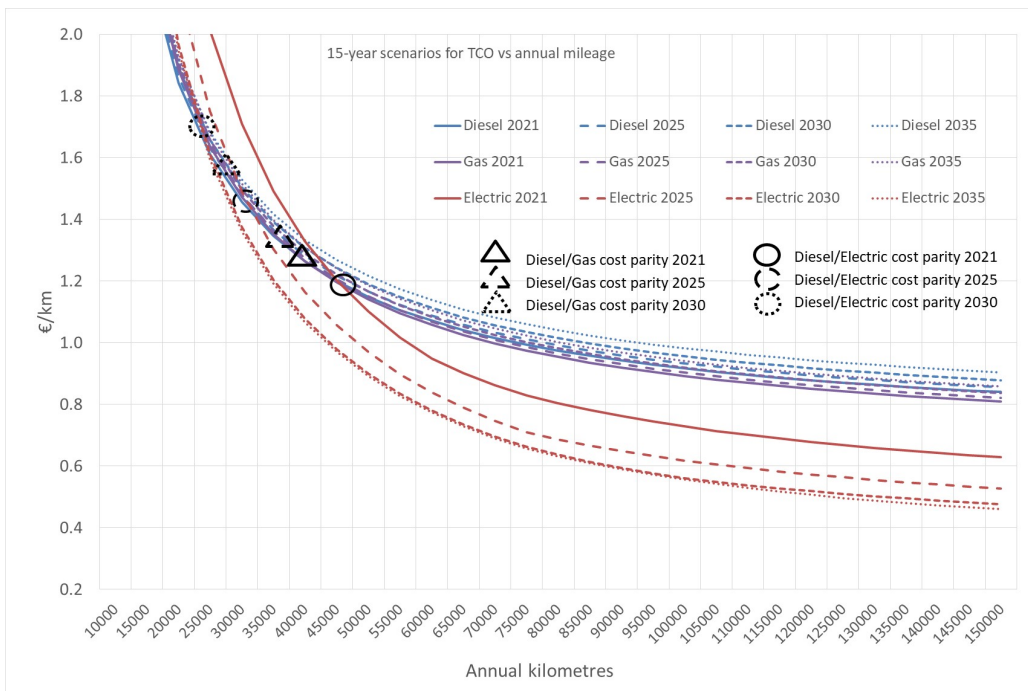
Seuraavassa on esitetty TCO-skenaariomallinnukset tulokset käyttötapaüksittain.

## Linja-autot

**Kuva 60.** Käyttötapaus 1: Linja-autot kaupunki, perustapaus A.

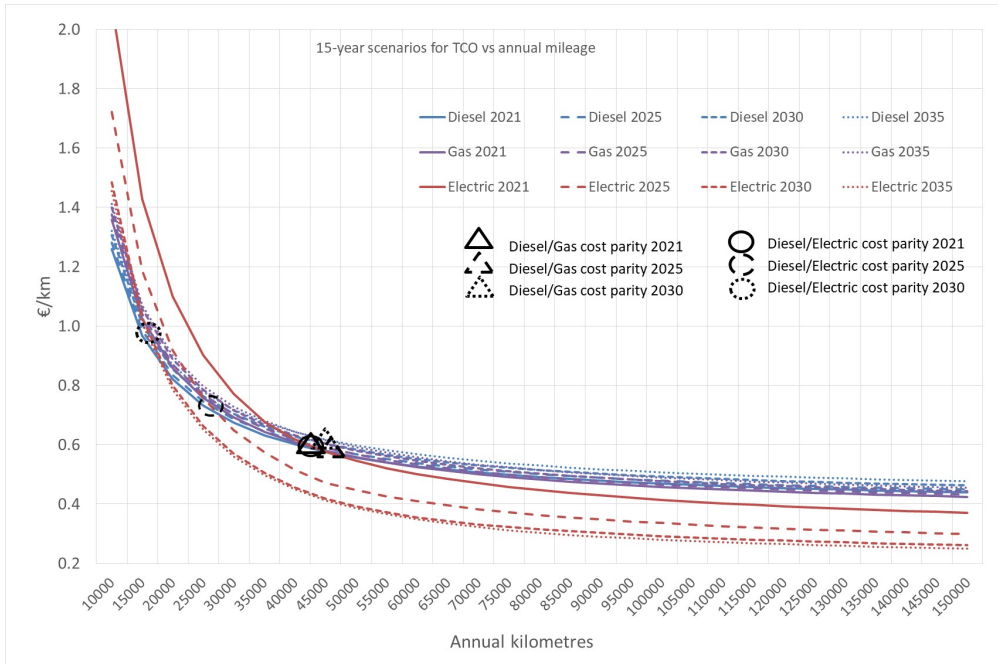


**Kuva 61.** Käyttötapaus 2: Linja-autot pitkämatka, perustapaus A.

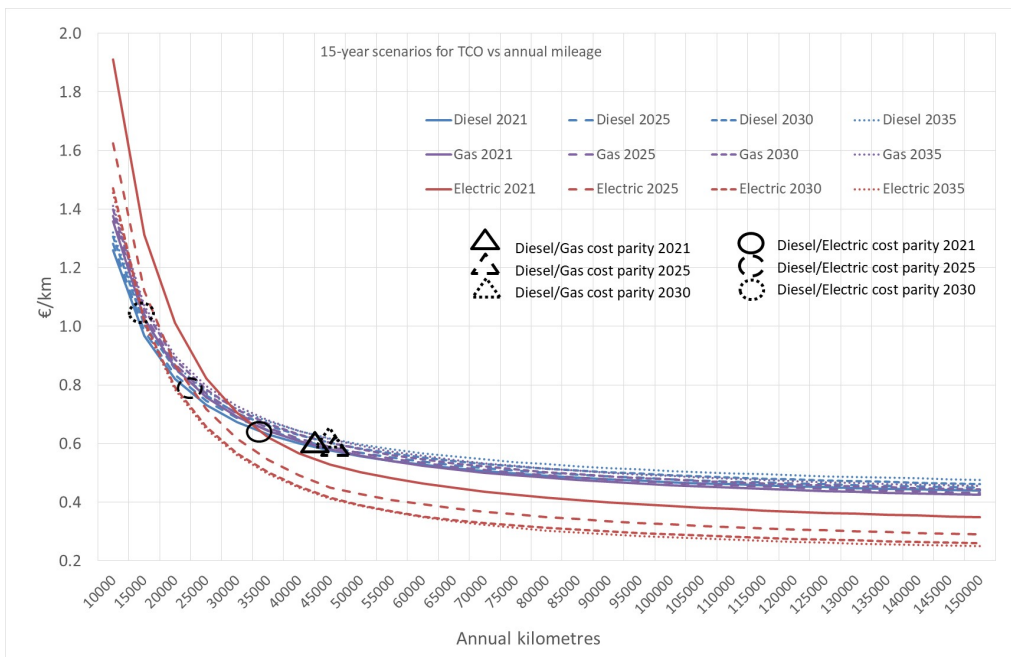


## Kuorma-autot 15 t

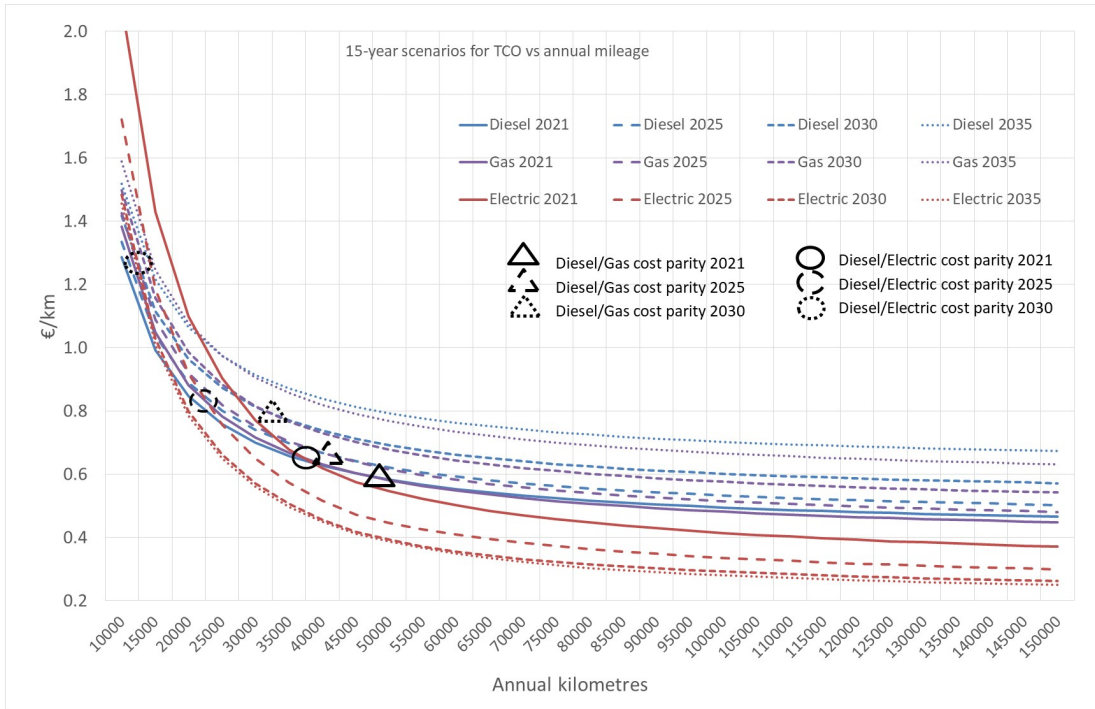
**Kuva 62.** Käyttötapaus 3: Kuorma-autot kaupunki 15 t, perustapaus (A).



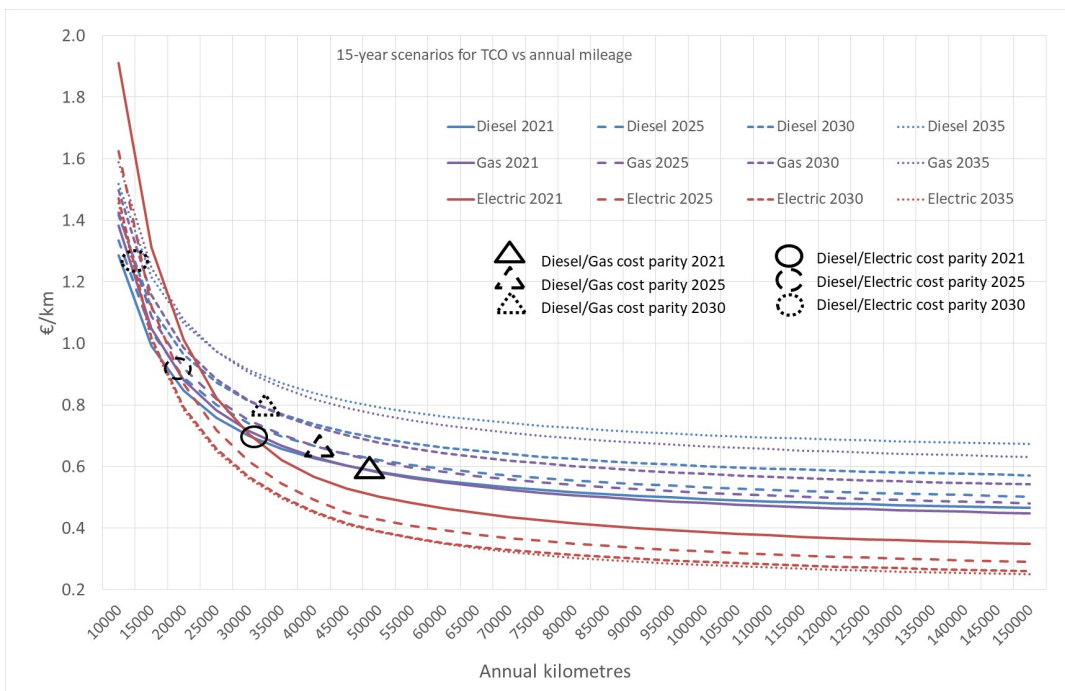
**Kuva 63.** Käyttötapaus 3: Kuorma-autot 15 t, tapaus B, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfralle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa).



**Kuva 64.** Käyttötapaus 3: Kuorma-autot 15 t, tapaus C, perustapakukseen lisätty HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.

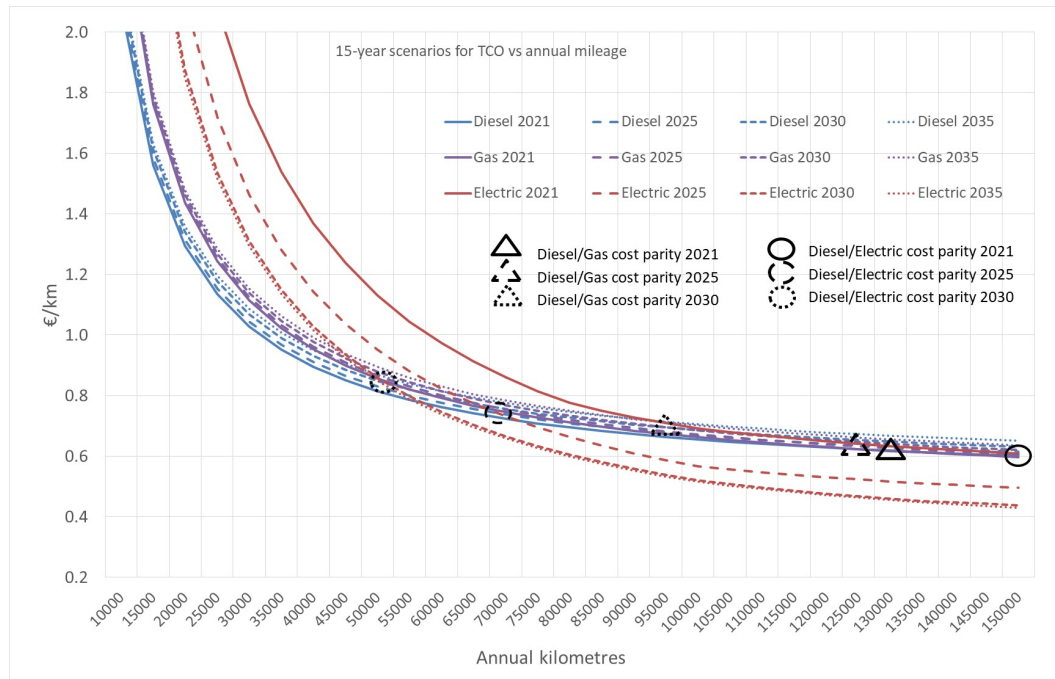


**Kuva 65.** Käyttötapaus 3: Kuorma-autot 15 t, tapaus B+C, perustapakukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfralle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa) ja HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.

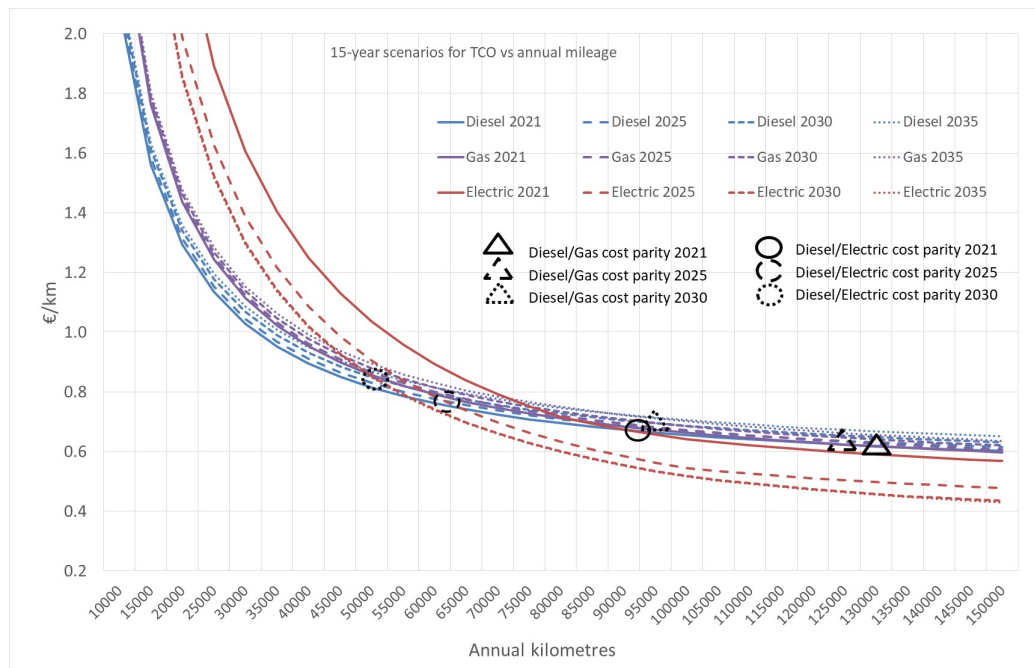


## Rekat puoliperävaunut

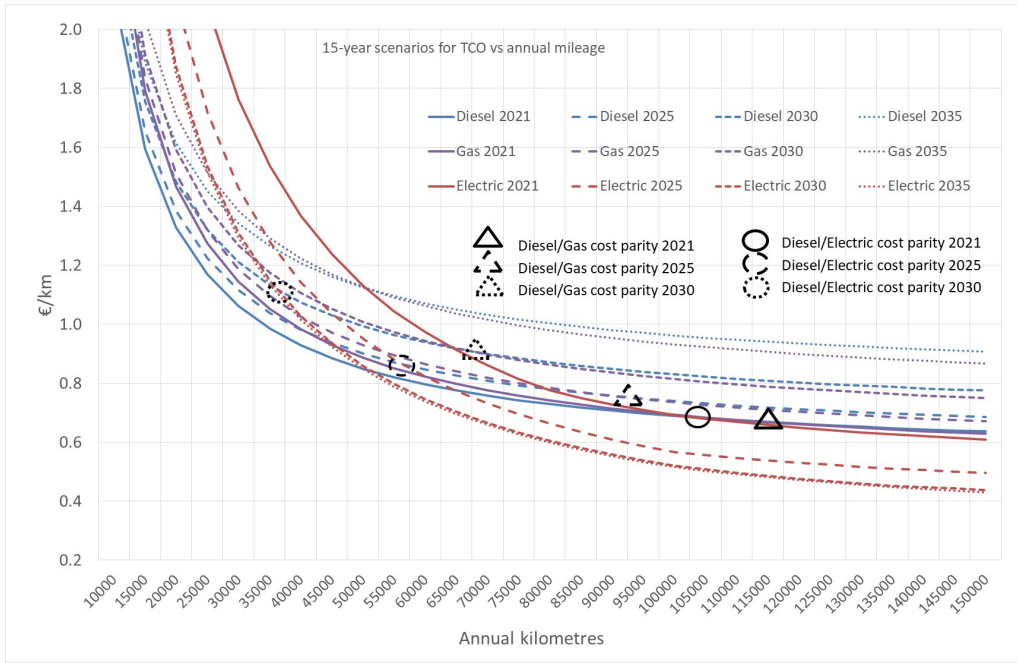
**Kuva 66.** Käyttötapaus 4: Rekat 48 t (puoliperävaunu long haul), perustapaus (A).



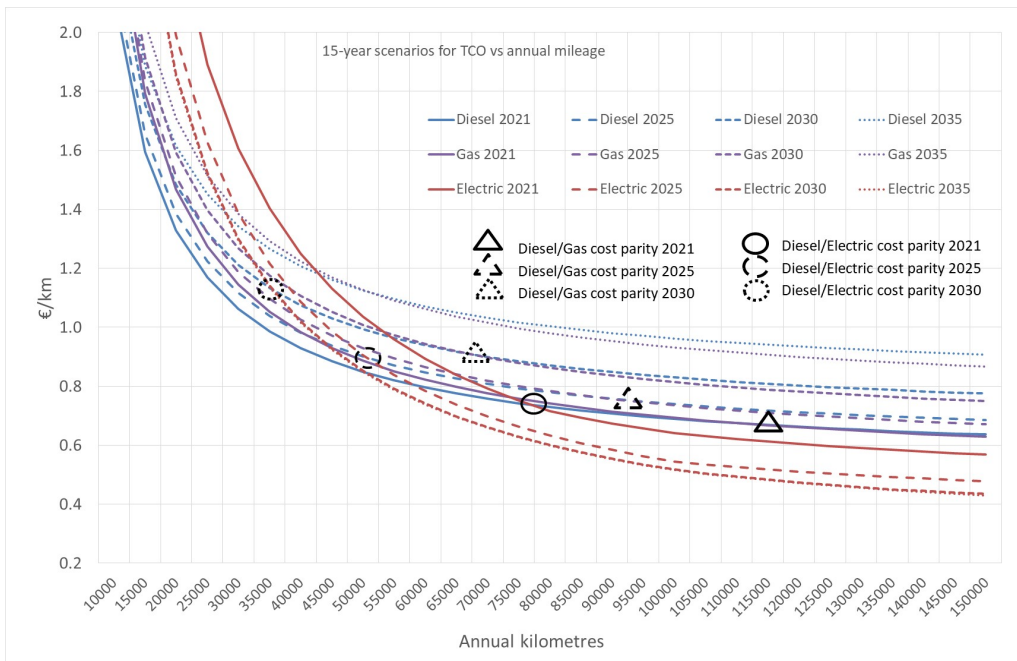
**Kuva 67.** Käyttötapaus 4: Rekat 48 t (puoliperävaunu long haul), tapaus B, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfralle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa).



**Kuva 68.** Käyttötapaus 4: Rekat 48 t (puoliperävaunu long haul), tapaus C, perustapaukseen lisätty HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.

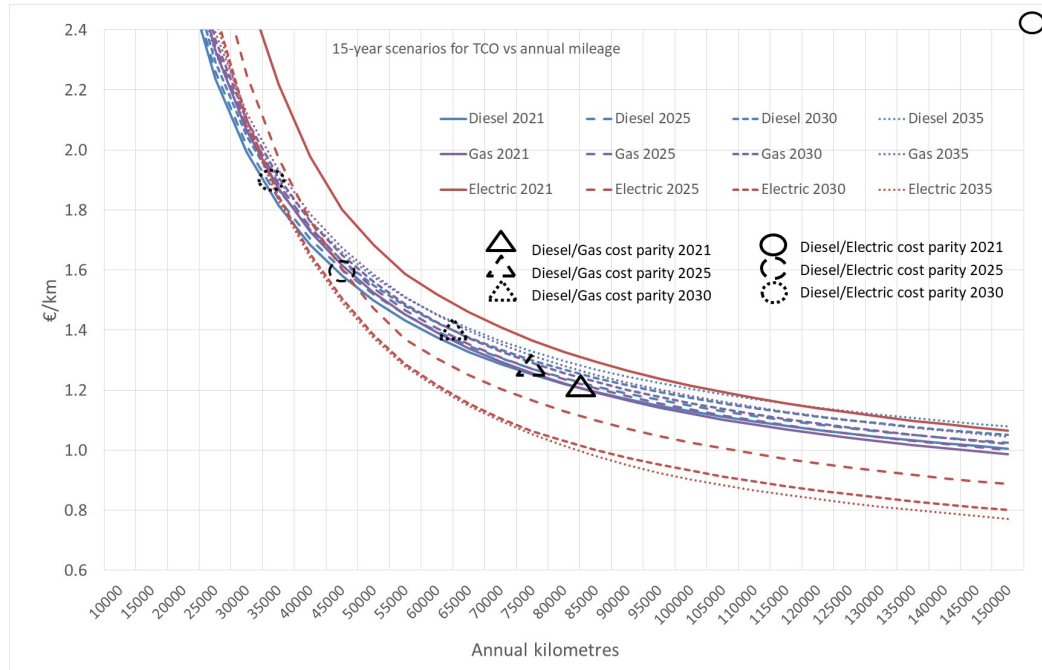


**Kuva 69.** Käyttötapaus 4: Rekat 48 t (puoliperävaunu long haul), tapaus B+C, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfrale 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa) ja HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.

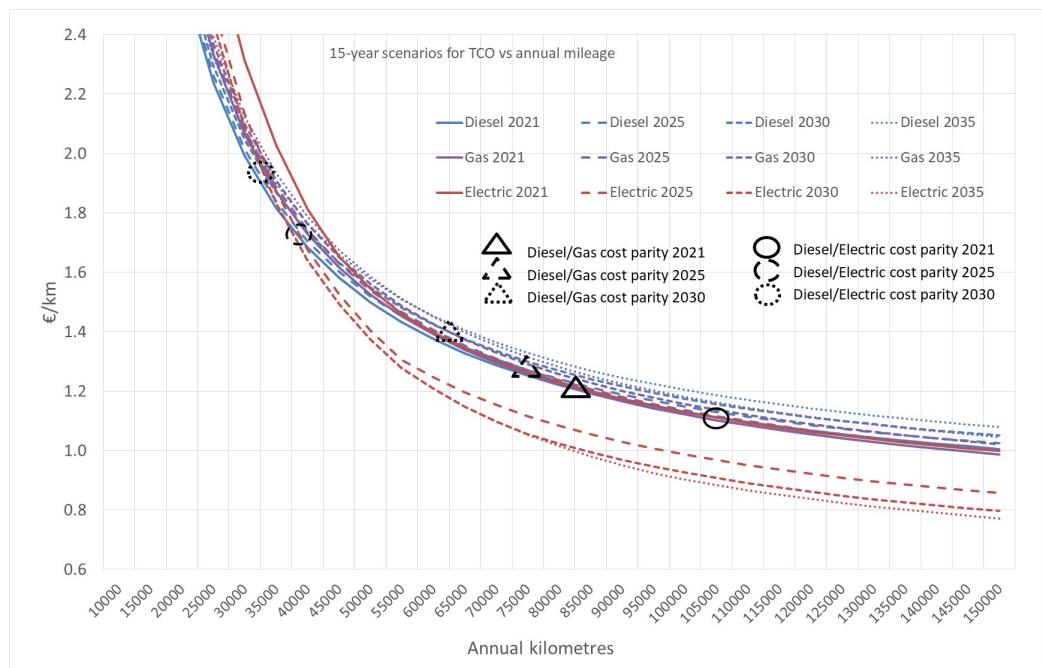


## Rekat 76t täysperävaunut (puutavarakuljetukset)

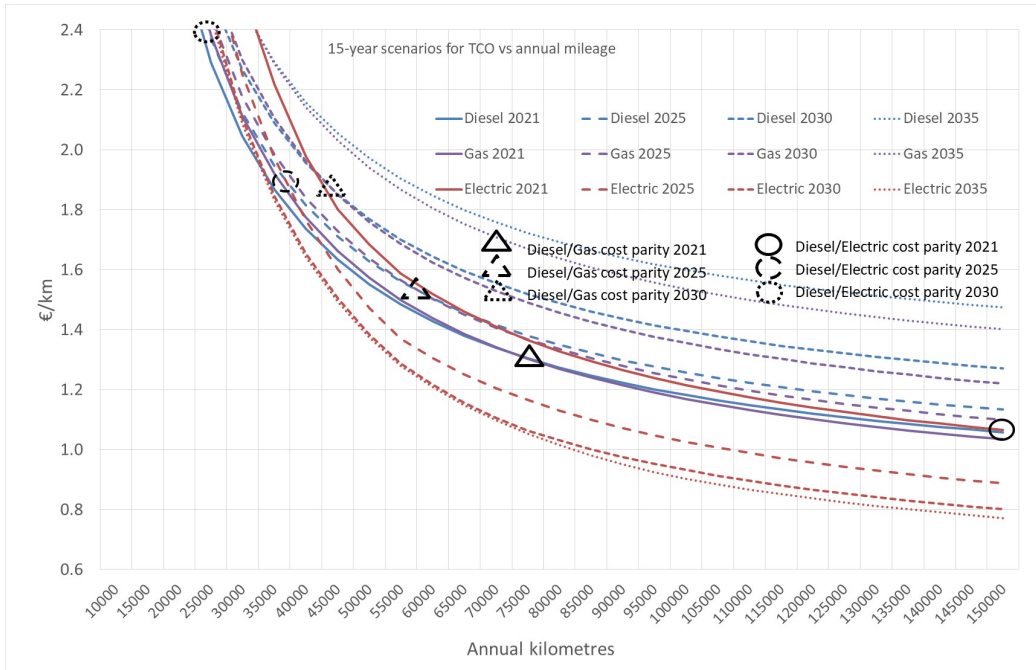
**Kuva 70.** Käyttötapaus 5: Rekat puutavarakuljetukset 76 t, perustapaus (A).



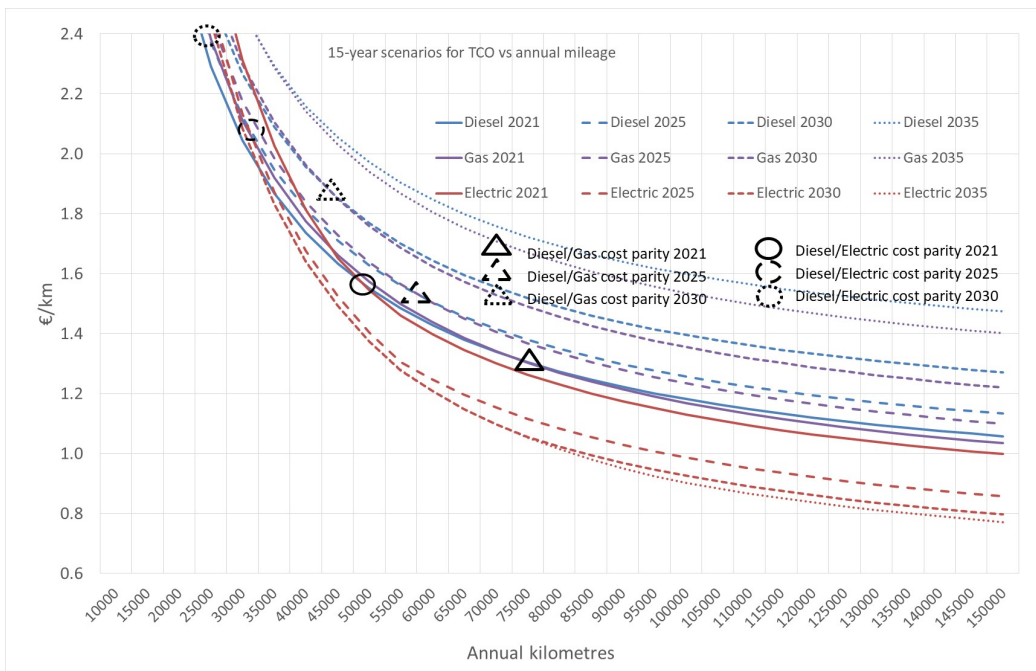
**Kuva 71.** Käyttötapaus 5: Rekat puutavarakuljetukset 76 t, tapaus B, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfraalle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa).



**Kuva 72.** Käyttötapaus 5: Rekat puutavarakuljetukset 76 t, tapaus C, perustapakseen lisätty HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.



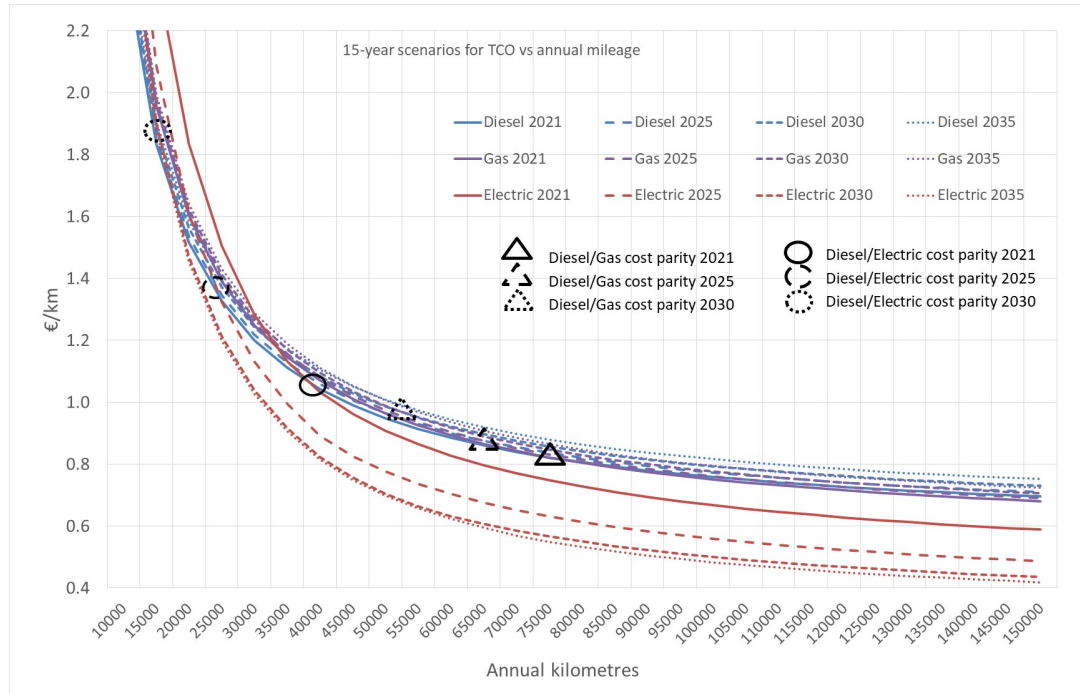
**Kuva 73.** Käyttötapaus 5: Rekat puutavarakuljetukset 76 t, tapaus B+C, perustapakseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfraalle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa) ja HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.



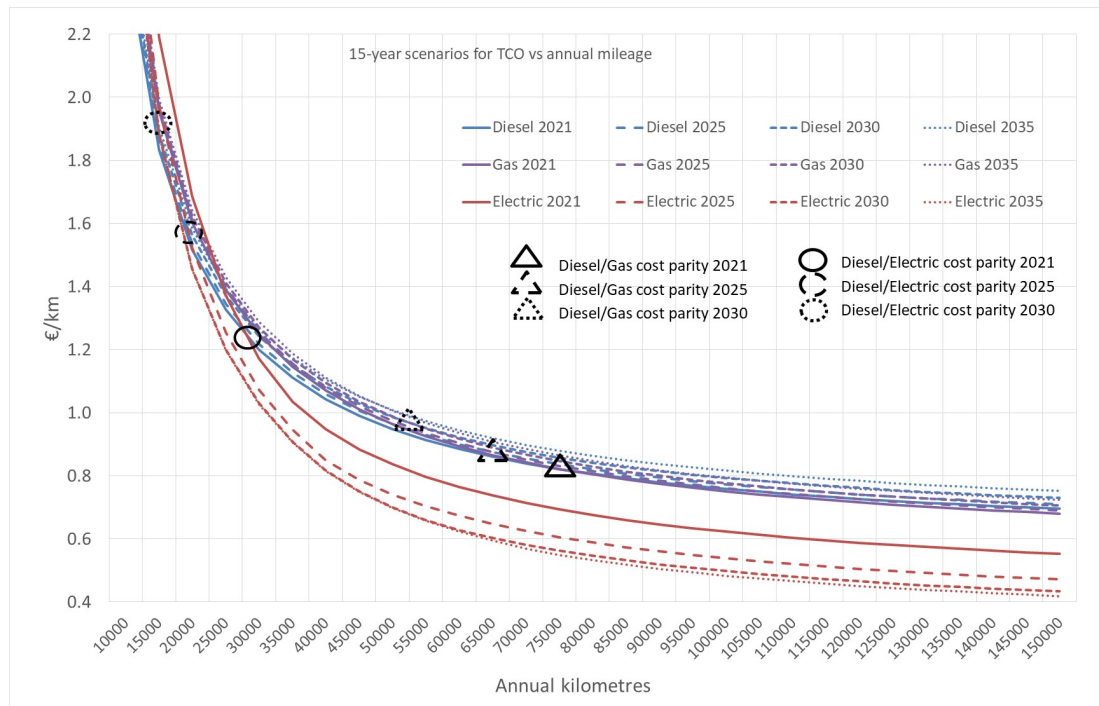


## Kuorma-autot maa-aineskuljetukset

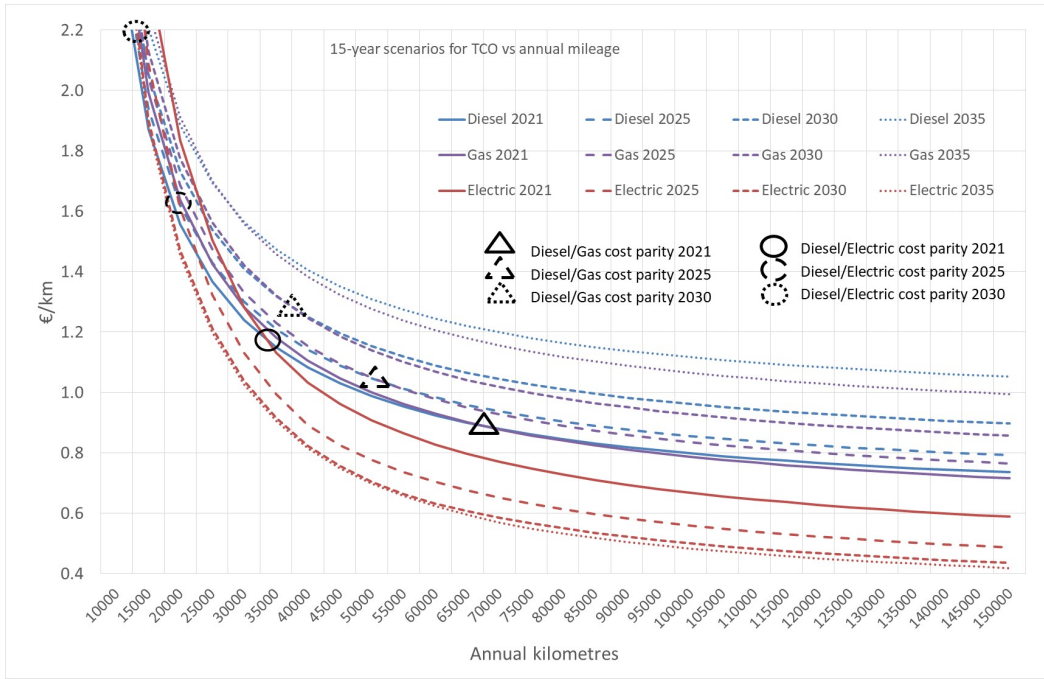
**Kuva 74.** Käyttötapaus 5: Kuorma-autot maa-ainekset 35 t, perustapaus (A).



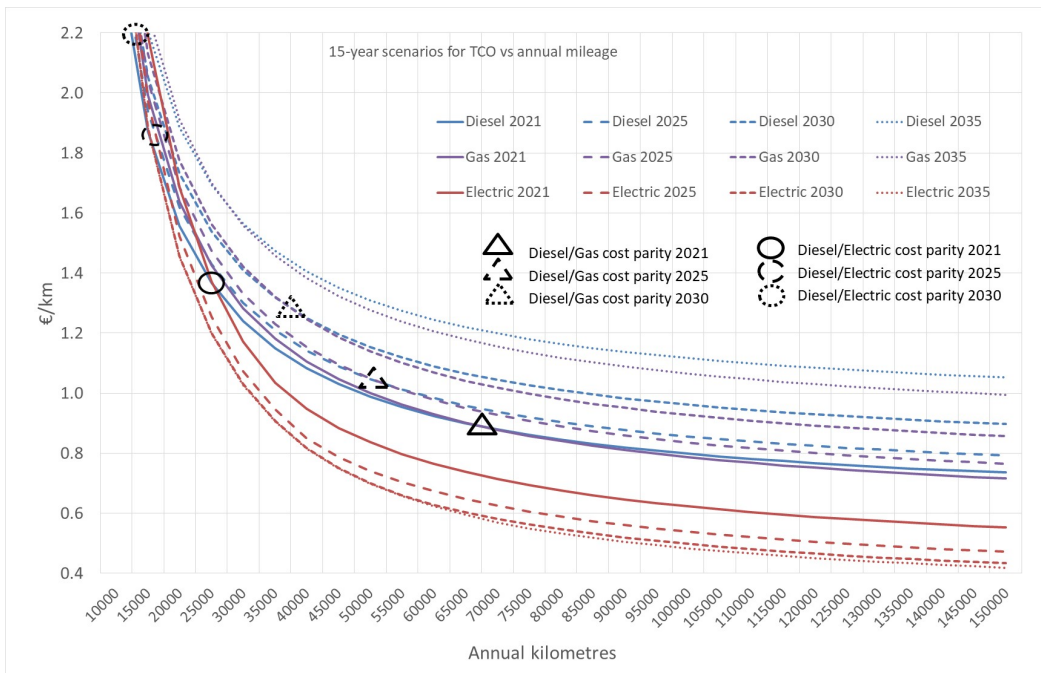
**Kuva 75.** Käyttötapaus 6: Kuorma-autot maa-aineskuljetukset 35 t, tapaus B, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfrale 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa).



**Kuva 76.** Käyttötapaus 6: Kuorma-autot maa-ainekuljetukset 35 t, tapaus C, perustapaukseen lisätty HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.



**Kuva 77.** Käyttötapaus 6: Kuorma-autot maa-ainekuljetukset 35 t, tapaus B+C, perustapaukseen lisätty nollapäästöajoneuvoille ja latausinfralle 10% hankintatuki (alenee 1%-yksikköä vuodessa) ja HVO & biokaasu vuotuinen hinnannousu 5%.



## 6.1.4 Tulosten tarkastelua

Yhteenvetotaulukossa edellisen osuuden TCO-kuvaajista on haettu arviota vuotuisesta kilometrisuoritteesta, jolla TCO-pariteetti saavutetaan käyttövoimapareille diesel-sähkö, kaasu-sähkö ja polttokenno-sähkö. Taulukossa on esitetty tarkasteluvuodet 2021, 2025 ja 2030 sekä edellä mainitut ohjauskeinot.

**Taulukko 57.** Yhteenvedo TCO-analyysissä tarkasteltujen käyttötapausten ja ajoneuvojen vuotuisista kustannuspariteettisuoritteista

Käyttö- tapaus		Perus (A)		Hankintatuki (B)		Diesel ja kaasu hinnannousu (C)		B ja C	
		Diesel- Electric	Diesel- Gas	Diesel- Electric	Diesel- Gas	Diesel- Electric	Diesel- Gas	Diesel- Electric	Diesel- Gas
1 Urban buses	2021	25000	42500	20000	42500	22000	35000	17500	35000
	2025	17000	32500	15000	32500	17500	27500	13000	27500
	2030	15000	27500	13000	27500	15000	20000	10000	20000
2 Coaches	2021	46000	39000	35000	39000	41000	35000	33000	23000
	2025	31000	36000	25000	36000	25000	27500	22500	27500
	2030	23000	27500	22500	27500	18000	18000	17000	18000
3 Lorry 15t	2021	42500	42500	34000	42500	37500	48000	33000	48000
	2025	26000	45000	22500	45000	22500	41000	19000	41000
	2030	16000	45000	16000	45000	12500	32500	12500	32500
4 Semi trailer	2021	150000	130000	92500	130000	103000	115000	77500	115000
	2025	69000	124000	62000	124000	56000	92500	51000	92500
	2030	51000	90000	50000	90000	36000	68000	35000	68000
5 Truck 76t	2021	-	82500	105000	82500	150000	75000	49000	75000
	2025	45000	75000	38000	75000	37000	57000	32000	57000
	2030	33000	62500	32500	62500	24000	44000	24000	44000
6 Earth moving truck 35 t	2021	39000	75000	28000	75000	33000	67500	25000	67500
	2025	24000	65000	19000	65000	19000	50000	17000	50000
	2030	15000	52500	14000	52500	13000	37500	12000	37500

Edellä analysoitujen kaupallisen ja raskaan tieliikenteen käyttötapausten kautta voidaan kvalitatiivisesti arvioida eri käyttövoimien suhteellista kilpailukykyä huomioiden tarkastellut ohjauskeinot ja oletukset perusskenaarioon liittyvistä muutoksista. Tuloksia yhteen vetävän taulukon pohjalta voidaan tehdä seuraavia yleisiä ja kvalitatiivisia päätelmiä. Kunkin päätelmän alla on listattu näkökohtia, jotka vaikuttavat tehtävään käyttövoimavalintaan ja toisaalta ohjauskeinojen vaikuttavuuteen valinnassa.

1. Vertailussa diesel-kaasu on kaasuajoneuvojen pääomakulu hieman dieseliä korkeampi, mutta tämä kompensoituu puolestaan jonkin verran alemmaksi arvioituilla polttoainekuluilla. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen kannattavuus verrattuna dieseliin paranee hieman suoritteiden kasvaessa.
  - Kaasukäyttöisten ajoneuvojen osalta kaasutankkausinfra ja toisaalta ajoneuvojen saatavuus voi ratkaista valinnan. Kaasutankkausinfra on parhailtaan laajenemassa ja tämä voi houkutella uusia liikennöitsijöitä kaasukäyttöisiin ajoneuvoihin.
  - Kaasuajoneuvot voivat tarjota nopeastikin vaihtoehdon biopolttoaineidен käyttöönnottoon siten laajentaen markkinatarjontaa ja kilpailua.
  - Tällä hetkellä on voimassa kaasuajoneuvojen hankintatuki, myös kaasutankkausinfrastruktuurin rakentamiseen on jo kohdennettu tukea. Markkinan reagoitua näihin ohjauskeinoihin kannattaa seurata, informaatio-ohjauksella voi olla mahdollisesti hyvä vaste.
  
2. Sähköisten ajoneuvojen hankintakustannus on selvästi polttomoottorikäyttöisiä suurempi. Toisaalta sekä akkujen että sähköisen voimalinjan hintojen enustetaan laskevan voimakkaasti seuraavan vuosikymmenen aikana tuotannon laajentuessa ja skaalaetujen tullessa esiin. Vastaavasti sähköisten ajoneuvojen käyttökustannus ja energiakustannus on selvästi kaasu- ja dieselajoneuvoja alempi. Käyttöä rajoitteeksi suurilla suoritteilla tulee akkukapasiteetin ja yhden latauksen ajomatkan rajallisuus.
  - Raskaan liikenteen sähköistys näyttäytyy omistajan kokonaiskustannuksilta kilpailukykyisenä parhaissa käyttötapauksissa jo nyt. Kaikissa käyttötapauksissa voidaan nähdä kilpailukykyyn paranevan merkittävästi tulevan kymmenen vuoden aikana.
  - Sähköajoneuvojen kulutus on arvioitu simuloimalla perustuen peruskuvauksiin raskaan kaluston voimalinjoista ja sisältäen oletuksia mm.

välityksistä ja hyötysuhteista aerodynamiikasta ja muista ajovastuksista. Kulutuksella on merkittävä vaikutus tuloksiin. Kokemusperäistä tietoa tuottavilla validointimittauksilla ja käyttöön liittyvällä datalla olisi käyttöä.

- Päivittäisen ajosuorituksen kasvaessa ja myös ajoneuvon keskimääräisen yhden ajotehtävän pituuden kasvaessa akuston suunnittelumitotus ja toisaalta operoinnin riippuvuus käytönaikaisesta pikalatauksesta kasvaa. Erittäin suuri akusto vie sekä tilaa että lisää ajoneuvon painoa (voi vähentää hyötykuormaa).
- Riippuvuus pikalatauksesta ja siirtyminen operaattorin itse hallitsemista varikolla tms sijaitsevista latauspisteistä väylien tai kaupunkialueiden palveluilla tai muilla puolijulkisilla palvelumalleilla tuotettujen pikalatausinfrojen käyttäjiksi nousee ajoneuvon operaattorin näkemä sähkön hinta (pikalataussähkön hinnalle on analyysissä käytetty kerrointa 1,5). Tämä voi heikentää sähköisen operoinnin kilpailukykyä mutta vaikutus riippuu samalla siitä, minkälaiseksi käytönaikaisen ja väylien varsilla tehtävän latauksen liiketoimintamallit muodostuvat.
- Työssä ei ole arvioitu latausinfrastruktuurin, erityisesti väylä-, solmupiste- ja kaupunki- tai teollisten ympäristöjen latauskenttien toteutettavuutta sähköistä operointia tukemaan muuten kuin empiirisellä yksinkertaisella voimalinjan mitoitukseen vaikuttavalla kertoimella 'latauksen toteutettavuus'. Latauksen toteutettavuus ja sähköisen kaluston operoitavuus kaupallisessa liikenteessä voi osoittautua ratkaisevaksi tekijäksi sähköisen kaluston laajemmassa käyttöönotossa. Tämän tekijän konkretisoiminen vaatisi lisätyötä.
- Raskaiden nollapäästöajoneuvojen hankintatuella voidaan saada nopeasti aktivoitua markkinaa liikkeelle, erityisesti niissä käyttötapauksissa, joissa kustannuspariteetti on jo nyt lähimpänä tai saavutettu. Suora raskaiden sähköajoneuvojen hankintatuki on siten perusteltavissa markkinaa avaavaa toimenä täydentämään latausinfrastruktuurille jo myönnettävää tukea, sekä sähköajoneuvojen saattamiseksi samalle viivalle kaasuajoneuvojen kanssa.
- Dieselin ja kaasun biokomponenttien hintaan vaikuttavan skenaarion (C) mukaan tällä voi olla merkittävä vaikutus käyttövoimien suhteelliseen kilpailukykyyn dieselin ja kaasun hinnan kallistuessa esimerkiksi markkinahintojen ja biokomponenttien hintojen muutosten (nousun) tai erilaisten dieselin ja kaasun hintaan vaikuttavien politiikkatoimien

seurauksena. HVO:n ja biokaasun tuotannon skaalautuvuuteen, markkinakysyntään ja hinnanmuodostukseen liittyy epävarmuuksia.

- On mahdollista, että käyttövoimaan liittyville CO<sub>2</sub>-päästöille asetetaan tulevaisuudessa nykyistä polttoaineveromallia korkeampi hinta esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden myyntilupajärjestelmän tai päästöperusteisten alue- tai tietullien tai väylämaksujen avulla. Myös muille liikenteeseen ja kuljetuksiin liittyville ulkoisille kustannuksille, kuten ajoneuvojen aiheuttama melu, voidaan tulevaisuudessa asettaa hinta. Uudet ohjauskeinot voivat vaikuttaa käyttövoimien keskinäiseen kilpailukykyyn. Näitä ulkoisia kustannuksia hinnoittelevia tai muita ohjauskeinoja ei ole TCO-työssä analysoitu.
- Sähköistyksen infrastruktuurin kustannustehokkaista ja kaluston käyttöä parhaiten tukevista väylä- ja runkoratkaisuista tai latauskentistä sekä vedyn saatavuudesta ja hinnasta liikenneverkon ja ajoneuvooperaattorien saataville ei ole tehty vielä riittävästi tutkimusta tai saatu kokemuksia, jotta niiden toteutettavuutta, kannattavuutta tai suhteellista kilpailukykyä voitaisiin luotettavasti arvioida. Erityisesti raskaan sähköisen liikenteen tarpeita palvelevien ajoneuvo- ja infraratkaisuiden rooli on keskeinen.
- Avainteknologioiden kuten akut, latausratkaisut, vety standardointi ja säädöskehikko ei raskaan kaluston ja työkoneiden alueella ole nykyisellään riittävän kehittyntä, jotta se voisi tarjota luotettavat ja ristiin operoitavat ajoneuvo- ja infraratkaisut. Tältä osin teknis-taloudellisessa arviossa näitä ei voida tällä hetkellä ottaa huomioon muuten kuin yleisinä ennusteina hinnasta ja ratkaisuiden saatavuudesta. Tilanne voi tulevan vuosikymmenen aikana muuttua ratkaisevasti.
- Työkoneiden kenttä käyttötapausten moninaisuuden ja erilaisten työkoneityyppien ja syklien osalta on toistaiseksi jäsentymätön. Puutteellinen regulaatio hidastaa selkeästi vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymistä. Säädöskehikon rakentumisen vaikutuksia uusien käyttövoimien yleistymiseen ei analysoitu. Käyttö- ja tilastotietojen puutteellisuus ei toistaiseksi mahdollistanut laajempaa TCO-tarkastelua työkoneille.
- Sähköpolttoaineiden (e-metaani, e-diesel) ja osin myös vedyn tulosta markkinoille, saatavuudesta ja hinnoista ei ole riittävästi tietoa niiden arvioimiseksi.

- Mikäli useat teknologia- ja markkinatekijät toteutuvat yhtä aikaa ja mahdollisesti toisiaan vahvistaen, voi tulevan vuosikymmenen aikana tapahtua merkittävä käänne raskaan liikenteen sähköistymisen ja nollapäästöisyyden suuntaan markkinalähtöisesti. Tämä edellyttää myös ajoneuvovalmistajien markkinoille tuomaa kalustoa saatavilla toimivassa markkinassa kilpailukykyiseen hintaan. Epävarmuuksia on kuitenkin monia ja useat niistä vaativat seuranta- ja jatkoselvitystä.

On syytä korostaa, että edellä esitetyt tulokset ja yhteenveto eri käyttövoimien diesel- ja kaasua - sähkö keskinäisestä kustannuskilpailukykyisestä tulevan 10 vuoden aikajaksolla sisältää useita oletuksia ja epävarmuuksia. Perusskenaarion sisällä on oletuksia teknologian kehittymisestä, akkujen ja polttokennojen hintakehityksestä ja akkujen elinajan kehityksestä. Liikenteen sähköistyminen tulee kasvattamaan sähköisten voimalinjoiden, erityisesti akkujen kysyntää voimakkaasti ja toimitusvolyymien skaalaaminen voimakkaasti voi vaikuttaa eri raaka-aineiden ja teknologioiden hintakehitykseen. Toisaalta, eri käyttövoimien hintakehitys tulevan vuosikymmenen aikana voi vaihdella huomattavastikin sekä tuotantohintojen, markkina- ja pörssihintojen ja toisaalta myös ohjaavien verovaikutusten osalta.

Tarkasteltaessa sähköajoneuvojen kilpailukykyä diesel- ja kaasuaajoneuvoihin verrattuna on ajoneuvojen muuttuvissa kustannuksissa energiankulutus ja käyttövoimakustannukset suurin yksittäinen tekijä. Dieselajoneuvojen kulutukselle löytyy VTT:n LI-PASTOsta tilastoitua tietoa, osin tätä löytyy myös työkoneille. Sen sijaan täyssähköisille ajoneuvoille ei eri ajoneuvoluokissa ja todellisissa olosuhteissa validoitua energiankulutusdataa ole. Tätä aukkoa on KAROLIINASSA paikattu mallinnuksen ja simuloinnin kautta, mutta on todettava, että useimmat mallit ovat toistaiseksi todellisella datalla validoimattomia. Tämä aiheuttaa tuloksiin epävarmuutta. Siirryttäessä tulevan vuosikymmenen aikana kasvavassa määrin nollapäästöiseen liikenteeseen ja kuljetukseen, tulee mittaustietoa ja myös laboratoriomittauksia todennäköisesti paremmin saataville. Tiedonkeruu ja jakaminen kokeilu- ja pilottihankkeiden kautta on erityisen suositeltavaa muutoksen alkuvaiheissa.

Toinen alue, jossa jatkotutkimukselle on mahdollisesti tarvetta raskaan tieliikenteen ja höyryajoneuvojen osalta, on käyttötapausten ja niissä käytettävän kaluston ja operoinnin huomattavasti aiempaa tarkempi jaottelu ja jäsentäminen. Sama pätee koko työkonesektoriin. Useissa tapauksissa yhdistämällä tilastotieto, mallinnus ja simulointi, voidaan toteutettavuutta ja järjestelmävaatimuksia sekä infrastruktuurin toteuttamista kehittää ja optimoida parhaiten palvelemaan suoritteita ja käyttövoimamurrosta. KAROLIINA-työssä ei yletty tarkastelemaan infraratkaisuja ja kokonaisinfran suunnittelua liikenne- ja kuljetusjärjestelmän näkökulmasta. Kansallinen liikenne- ja kuljetusjärjestelmän malli voisi tukea tällaista työtä.

## 6.2 Simulaatiomallintamisen menetelmä

### 6.2.1 Yleiskuva ja perustelut

Skenaarioita ja vaikuttavuusanalyysia tehtiin systeemidynaamisella simulaatiomallilla. Systeemidynamiikka korostaa muutoksen takaisinkytkentöjä ja aikaviiveitä. Tämä mahdollistaa itseään ruokkivien eli eksponentiaalisten vaikutusten kuvaamisen ajan halki. Samoin voidaan käsitellä tasapainottavia vaikutuksia, joissa muutos yhtenä hetkenä johtaa saman muutoksen hidastumiseen jatkossa. Simulaatiomallien oikeellisuus ja hyödyllisyys riippuu niiden rakenteesta (syy-seuraussuhteista) ja lähtötiedoista suhteessa tarkoitukseen sekä tulosten käyttötavasta tulkintoja tehdessä.

Tämän selvityksen tarkoituksena oli arvioida KHK-päästövaikutuksia yritysajoneuvoja ohjaaville poliitikkoimille. Tavoitteeseen pystyttiin pääsemään simuloimalla yritysajoneuvojen käyttövoimien jakauman ja kulutuksen muutoksia eri ajoneuvoluokissa ajan halki. Malli soveltaa rakennetta, jossa käyttövoimien jakauman muutosta ajavat kustannustekijät ja ajoneuvojen uusimisaika. Muutosta taas rajoittavat lataus- ja tankkausinfran pullonkaulat, tiedon saatavuus, ja tekniset haasteet tiettyjen käyttötapauksien sähköistämiseksi (ks. 6.2.2).

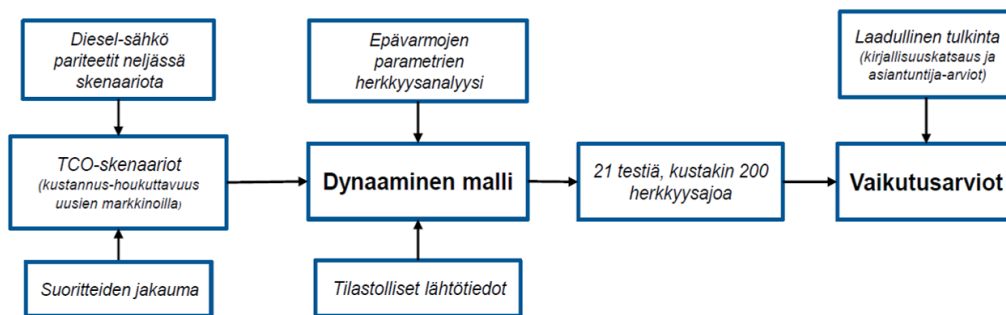
Tilastollisia lähtötietoja mm. ajoneuvokannan koostumuksesta saatiin tämän selvityksen muiden työpakettien analyysistä sekä muista lähteistä. Tieto eri tekijöiden kuten ajoneuvojen kulutuksen kehityksestä tulevaisuudessa nojautui tutkijaryhmän asiantuntija-arvioihin. Mallin rakenne eli käyttövoimien ajurit ja hidasteet jonkin verran keventävät tarkkuuden vaatimusta yksittäisiltä lähtötiedoilta. Suurin epävarmuus mallinnuksessa koski eri päätöksenteon tekijöiden painotuksia sekä päätöksenteon numeerista kuvaamista yleisesti (ks. 6.2.3).

Eräs vakiintunut lähestymistapa simulaatiomallintamiseen epävarmuuden vallitessa on mallin eksploraatiivinen käyttötapa. Tällöin epävarmojen lähtötietojen annetaan vaihdella niin, että mahdollisimman moni mahdollinen tulevaisuus tulee huomioiduksi. Tässä analyysissä kukin testi ajettiin 200 kertaa niin, että epävarmoiksi määritettyjen lähtötietojen annettiin vaihdella satunnaisesti realistisella vaihteluvälillä (Monte Carlo -analyysi). Tulosten vaihteluväli tyypillisesti kapenee, kun enemmän lähtötietoja vakioidaan. Näin ollen analyysi voi keskittyä suurempaan vaihteluväliin vähemmällä oletuksilla, kapeampaan vaihteluväliin suuremmalla määrällä oletuksia, tai vuoron perään molempiin (ks. 6.3).



Testien tuloksia tulkittiin suhteessa tämän selvityksen kirjallisuuskatsaukseen sekä tutkijaryhmän asiantuntija-arvioihin (ks. 6.4). Vaikutusarvion prosessi ja tietojen käyttötavat on tiivistetty Kuvassa 78.

**Kuva 78.** Vaikutusarvio perustuu Monte Carlo -tyyppisten testiajojen vertailuun sekä niiden laadulliseen tulkintaan. Malli yhdistelee tilastotietoja TCO-analyysiin sekä epävarmojen lähtötietojen herkkyyshanalyysiin.



## 6.2.2 Mallin rakenne

Malli huomioi viisi käyttövoimaa: bensa, diesel, täyssähkö, ladattava hybridi ja kaasu. Lisäksi yritysajoneuvot jakautuvat 12 ajoneuvoluokkaan: kaksi henkilöautoluokkaa, pakettiautot, kaksi linja-autoluokkaa, neljä kuorma-autoluokkaa ja kolme työkoneluokkaa. Päätökset luokkajajoista perustuivat tämän selvityksen tilastoanalyysin kategorioihin sekä asiantuntija-arvioon eri käyttötapausten samankaltaisuudesta (ks. 8.3.1).

Kuva 79 näyttää mallin tärkeimmät vaikutussuhteet. Ajoneuvo pysyy kannassa keskimääräisen käyttöiän ajan. Kun ajoneuvo tietystä luokasta poistuu kannasta, se korvataan saman ajoneuvoluokan uudella ajoneuvolla. Tämä dynamiikka määrittää uusien ajoneuvojen kysynnän (ts. ajoneuvokannan koko luokittain ei muutu).

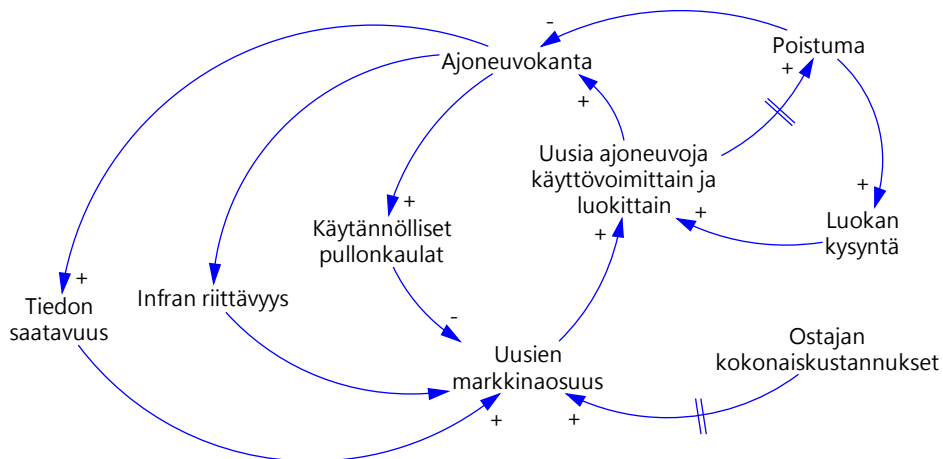
Päätös käyttövoimien välillä tehdään kokonaiskustannusten perusteella - kuitenkin niin, että tiedon puute, infran riittämättömyys ja tekniset esteet maltillistavat kysyntää. Kokonaiskustannukset sekä pullonkaulavaikutukset lasketaan erikseen kullekin käyttövoimalla kussakin ajoneuvoluokassa (5x12 tapausta).

Kokonaiskustannuksia lukuun ottamatta muut käyttövoiman valintaa ohjaavat tekijät määrittyvät suhteessa ajoneuvokannan koostumukseen kunakin hetkenä:

- Tekninen pullonkaula määritetään osuutena ajoneuvoluokasta (esim. 50% ajoneuvoluokasta on teknisesti vaikea sähköistää). Näin ollen, kun 50%:n sähköajoneuvojen osuutta lähestytään luokan kannassa, sähköajoneuvojen kasvu alkaa hidastua kustannustekijöistä huolimatta. Lopulta kasvu ei voi jatkaa teknisen pullonkaulan yli.
- Infrapullonkaula huomioi sekä lataus-/tankkausverkon kattavuuden, että lataus-/tankkauspisteiden kapasiteetin. Verkon kattavuus määritellään osuutena matkoista, joille on olemassa infraverkosto. Kapasiteetti viittaa latauspisteiden määrään. Määrä on lähtötilanteessa 1, ja kun se kasvaa samassa suhteessa kuin sähköautokanta, kapasiteetin pullonkaulaa ei ilmene. Kapasiteettia kehitetään testistä riippuen eri kertoimella suhteessa kunkin hetken sähköajoneuvokantaan.
- Tiedon saatavuus määrittää, kuinka hyvin kustannustekijöiden muutos välittyy markkinaosuuteen. Ilman informaatio-ohjausta, uusien autojen markkinaosuus määrittää mistä käyttövoimista (luokan sisällä) leviää eniten tietoa (kuulopuhe). Informaatio-ohjaus -parametri kuroo umpeen sitä tiedontarvetta, mitä kuulopuhe ei kata. Ilman informaatio-ohjausta kuulopuheen dynamiikka tukee käyttövoimia aina siinä suhteessa kuin on niiden viimeaikainen kysyntä: kasvava käyttövoima alkaa hyötyä siitä sitten, kun käyttövoima on uusien markkinoilla suosituin.

Eri muuttujien ja dynamiikkojen tarkemmat funktiot on dokumentoitu Liitteeseen (ks. 8.5)

**Kuva 1.** Simulaatiomallin rakenteen eli dynamiikan tiivistelmä.



## 6.2.3 Lähtötiedot ja herkkyysanalyysi

### Saatavilla olevat lähtötiedot

Ajoneuvokannan koostumus (luokittain ja käyttövoimittain) saatiin malliin tämän selvityksen tilastoanalyysistä. Ajoneuvojen uusimisväleille (luokittain) saatiin arviot tämän selvityksen kyselyaineistosta. Tilastotietoja oli lisäksi saatavilla ajoneuvojen kulutuksesta sekä polttoaineiden päästökertoimista. Sähköajoneuvojen teknis-käytännöllisten pullonkaulojen koko arvioitiin karkeasti Yhdysvaltalaisen tilastojen perusteella. Epävarmoja lähtötietoja kuitenkin varioidaan simulaatioissa. Täysi lähtötietojen lista on esitetty Liitteessä (ks. 8.3).

### Päätöksenteon kuvaaminen

Eräs suuri epävarmuus tässä aihepiirissä (tulevaisuudessa tapahtuvien muutosten ohella) on päätöksenteon kuvaaminen. On useita syitä, miksi esimerkiksi hintajoustofunktiota ei voitu hyödyntää politiikkatoimien vaikutusarviossa. Näihin lukeutuvat mm. nämä epävarmuudet: kunkin kustannustekijät suhteellinen koko kaikista kustannuksista, diskontto eri käyttäjäryhmillä, ja kustannusten nykyinen hajonta eri ajoneuvovaihtoehtojen välillä. Päätöksentekoon sisältyy todennäköisesti myös sellaisia tekijöitä, jotka eivät näy euromääräisissä kustannuslaskelmissa, kuten latausinfra riittävyys.

Yllä esiteltyä TCO-analyysiä käytetään tässä mallinnuksessa kustannustekijöiden lähtötietojen määrittämiseen. TCO-analyysi antaa kustannuspariteetin sähkö-, diesel- ja kaasujoneuvoille. Kustannuspariteetti pätee tietyssä vuonna (esim. 2030) tietylle suoritteelle. Kun pariteetin ajassa ja suoritejanalla on arvioitu, voidaan tähän yhdistää tieto suoritteiden jakaumasta ajoneuvoluokan sisällä. Näin saadaan arvio siitä, kuin suurta osaa ajoneuvoluokan markkinasta pariteetti koskee, eli kuinka suurelle osalle käyttäjistä sähkö alkaa tietyssä vuonna olemaan dieseliä houkuttavampi. Jäljelle jäävä käyttövoimien jakauma tehtiin asiantuntija-arviona. Kaikki TCO-skenaariot on raportoitu liitteeseen (ks. 8.3).

Lisäksi päätöksentekoon mallissa vaikuttavat eri pullonkaulatekijät. Pullonkaulat muotoillaan kertoimina, jota pakottavat käyttövoiman *kysynnän kasvua kohti nolaa, kun pullonkaulan kovaa rajaa lähestytään*. Tämän efektin voimakkuutta (kuinka nopeasti kysynnän kasvu hiipuu, kun pullonkaulaa lähestytään) varioidaan yhtenä herkkyysparametrina.

## Testiasetelmat ja herkkyysanalyysit

Yritysjoneuvojen kannan muutoksen syyt jaotellaan analyysissa viiteen muutosajuriin: käyttäjän kokonaiskustannukset, lataus-/tankkausinfran riittävyys, tiedon saatavuus, sähköistämisen tekniset pullonkaulat ja ajoneuvojen uusimistiheys. Lisäksi kunkin skenaarion päästövaikutuksiin vaikuttavat muutokset kulutuksessa ja ajo-/käyttösuoritteessa. Pullonkaulavaikutuksen funktiossa vaikuttaa myös parametri, joka säätelee pullonkaulavaikutuksen voimakkuutta.

Mallia käytettiin niin, että tietyt tekijöitä vakioitiin ja muiden annettiin varioida satunnaisesti uskottavalla vaihteluvälillä. Kun tällainen testi ajetaan 200 kertaa aina uudella epävarmojen parametrien yhdistelmällä, saadaan jokin jakauma tuloksia joka kuvastaa vakioitun tekijän vaikutusta mutta myös vaikutuksen epävarmuutta. Lähtökohtaisesti testitulosten vaihteluväli kapenee mitä useampi parametri vakioidaan. Tässä analyysissa vakioitiin sekä yksittäisiä että useampia tekijöitä kerrallaan. Eri vakiointien yhdistelmiä tehtiin yhteensä 30. Näiden pohjalta valittiin erityisen kiinnostavia testejä keskinäiseen vertailuun. Vertailun perusteella pystyttiin ottamaan kantaa erilaisten ohjaustoimenpiteiden vaikutuksiin ja vaikutuksien epävarmuuksiin.

Tuloksien indikaattoreina käytettiin täyssähköajoneuvojen osuuksia kussakin viidessä ajoneuvoluokassa sekä kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä suhteessa lähtötilanteeseen. Tärkeimpänä virstanpylväänä pidettiin vuotta 2035, joskin simulaatiot tuottivat myös kuvaajia indikaattorien kehityksestä ajan halki joista osa raportoidaan.

## 6.3 Simulaatiotestejä

Taulukot 58-60 esittävät simulaatiotestien tuloksia. Indikaattoreina käytetään käyttövoimien osuuksia ajoneuvokannassa 2035 ja KHK-päästöjä 2035. Taulukko 58 esittää täyssähköajoneuvojen ja -koneiden osuuksia kaikissa 21:ssä testissä. Taulukko 59 ja Taulukko 60 esittävät hybridi- ja kaasuajoneuvojen vastaavia tuloksia valikoiduista testeistä. Testit on nimetty koodeilla, jotka on selitetty Taulukossa 61.

**Taulukko 58.** Testien tulosten vaihteluvälejä. Suluissa olevat luvut ovat mediaaneja ja hakasuluissa olevat luvut ovat keskiarvoja. Tummempi sininen viittaa korkeampaan osuuteen kannassa ja matalampiin päästöihin (mediaanien mukaan). Huom 1: ajoneuvokannan osuuksien vaihteluväli viittaa vuoden 2035 tulosten vaihteluväliin, ei simulaatiojakson aikaiseen kehitykseen. Huom 2: päästöt raportoidaan suhteessa lähtötilanteeseen, vaihteluvälin raportoinnin helpottamiseksi (<100% tarkoittaa päästöjen laskua).

Testi (kts. taulukko 59)	Täyssähköajoneuvojen osuus ajoneuvoluokan kannasta 2035					Päästöt
	Henkilö	Paketti	Linja-autot	Kuorma-autot	Työkoneet	KHK 2035 (vrt 2021)
TCO0v	19,3-19,9% (19,6%) [19,6%]	12,1-17,3% (14,4%) [14,5%]	11,1-15,8% (13,2%) [13,3%]	4,8-6,5% (5,5%) [5,6%]	1,3-1,5% (1,4%) [1,4%]	78-88% (83%) [83%]
TCO1v	30,4-57,1% (38,3%) [39,8%]	17,1-41,7% (24,8%) [25,6%]	14,6-31,3% (19,2%) [19,7%]	5,8-15,4% (7,8%) [8,4%]	1,9-13,9% (6,6%) [6,9%]	63-79% (73%) [72%]
TCO2v	30,3-57,0% (38,9%) [39,7%]	20,0-48,9% (29,3%) [30,6%]	15,5-36,8% (22,2%) [22,7%]	6,3-21,0% (10,4%) [10,9%]	2,2-15,5% (7,8%) [7,8%]	61-79% (71%) [70%]
TCO3v	36,1-66,5% (48,8%) [49,4%]	19,4-48,7% (30,1%) [30,6%]	15,8-41,5% (23,0%) [24,2%]	7,0-25,4% (12,5%) [13,4%]	2,3-22,9% (11,6%) [11,9%]	58-80% (70%) [70%]
TCO4v	36,0-66,4% (48,6%) [49,3%]	19,4-48,6% (30,0%) [30,5%]	18,0-48,6% (27,8%) [29,3%]	7,9-31,7% (16,6%) [17,1%]	2,8-30,0% (17,0%) [16,8%]	56-80% (69%) [69%]
TCO1	27,9-57,0% (36,7%) [37,9%]	15,7-42,8% (23,1%) [24,2%]	13,5-27,6% (18,7%) [18,9%]	5,6-14,5% (7,6%) [8,0%]	1,8-13,5% (6,4%) [6,5%]	64-81% (73%) [73%]
TCO4	31,8-66,5% (45,9%) [46,3%]	17,5-50,1% (27,7%) [28,6%]	16,5-43,2% (26,5%) [27,4%]	7,3-30,1% (15,1%) [15,8%]	2,4-30,2% (15,4%) [15,3%]	57-80% (70%) [70%]
TCO1v info	33,9-57,7% (49,3%) [48,5%]	18,7-43,1% (30,1%) [30,5%]	15,0-31,7% (21,9%) [22,7%]	6,7-16,4% (11,1%) [11,3%]	7,1-14,1% (11,1%) [10,9%]	62-77% (68%) [68%]
TCO4v info	41,0-67,1% (58,4%) [57,5%]	22,1-49,9% (34,9%) [35,6%]	21,5-49,0% (33,5%) [34,6%]	13,8-33,5% (22,6%) [23,4%]	16,9-30,1% (24,9%) [24,4%]	55-74% (63%) [63%]
TCO1v infra	30,5-57,5% (47,3%) [45,8%]	17,9-44,7% (28,3%) [28,7%]	14,7-32,9% (20,8%) [21,4%]	5,7-16,2% (9,4%) [9,6%]	2,0-14,3% (8,7%) [8,4%]	62-80% (70%) [70%]
TCO4v infra	40,8-66,8% (57,7%) [56,4%]	22,3-51,6% (33,6%) [34,3%]	20,7-49,5% (31,5%) [32,7%]	8,3-33,3% (21,3%) [20,4%]	2,9-30,7% (22,1%) [20,4%]	56-78% (64%) [65%]
TCO1v infra info	52,8-58,2% (55,8%) [55,7%]	27,4-45,5% (34,5%) [35,2%]	20,3-32,8% (25,3%) [25,7%]	11,2-17,4% (13,7%) [13,9%]	12,4-14,5% (13,4%) [13,4%]	59-70% (65%) [65%]

<b>TCO4v infra info</b>	61,1-67,7% (64,8%) [64,6%]	32,3-52,5% (39,5%) [40,3%]	30,3-51,1% (38,2%) [39,1%]	22,0-35,3% (27,3%) [27,7%]	26,3-31,0% (28,6%) [28,6%]	51-65% (59%) [59%]
<b>TCO1v infra OVS</b>	30,4-57,4% (47,2%) [45,8%]	18,3-43,8% (28,3%) [28,7%]	14,7-32,1% (20,5%) [21,4%]	5,7-16,7% (9,4%) [9,6%]	1,9-13,9% (8,5%) [8,4%]	61-78% (69%) [70%]
<b>TCO4v infra OVS</b>	40,8-67,0% (57,6%) [56,4%]	22,7-50,5% (33,8%) [34,3%]	19,4-49,8% (31,7%) [32,9%]	8,6-33,8% (20,8%) [20,4%]	2,8-29,9% (22,1%) [20,3%]	54-78% (64%) [65%]
<b>TCO1 infra OVS</b>	30,4-57,4% (47,2%) [45,8%]	18,2-43,7% (28,3%) [28,7%]	14,7-32,1% (20,5%) [21,4%]	5,7-16,7% (9,4%) [9,6%]	1,9-13,9% (8,5%) [8,4%]	61-80% (69%) [70%]
<b>TCO4 infra OVS</b>	40,8-67,0% (57,6%) [56,4%]	22,7-50,4% (33,8%) [34,3%]	19,4-49,8% (31,7%) [32,9%]	8,6-33,8% (20,8%) [20,4%]	2,7-29,9% (22,1%) [20,3%]	54-77% (64%) [65%]
<b>TCO1v PA</b>	31,6-54,0% (39,0%) [39,8%]	24,9-40,8% (29,5%) [30,3%]	20,8-29,7% (21,6%) [23,1%]	7,5-15,2% (8,6%) [9,6%]	1,9-12,6% (6,7%) [6,9%]	60-76% (69%) [69%]
<b>TCO4 info infra OVS</b>	52,2-58,2% (55,5%) [55,5%]	27,0-45,3% (34,0%) [34,8%]	20,0-32,7% (25,1%) [25,4%]	10,9-17,3% (13,5%) [13,7%]	12,2-14,5% (13,2%) [13,3%]	59-70% (65%) [65%]
<b>TCO4 info infra OVS PA</b>	54,8-66,1% (62,4%) [61,6%]	40,1-50,9% (46,0%) [45,8%]	38,9-49,6% (44,7%) [44,5%]	25,6-34,5% (30,3%) [30,2%]	21,8-30,2% (26,5%) [26,3%]	50-62% (56%) [56%]
<b>TCO4v info infra OVS PA</b>	63,9-64,8% (64,3%) [64,3%]	47,7-48,8% (48,2%) [48,2%]	46,4-47,4% (46,9%) [46,9%]	31,7-32,7% (32,2%) [32,2%]	27,8-28,6% (28,2%) [28,2%]	52-57% (54%) [54%]

**Taulukko 59.** Valikoituja tuloksia lataushybridien osuuksille. Taulukon sisältö ja tulkinta on muuten Taulukkoa 56 vastaava.

Testi (kts. taulukko 59)	Hybridien osuus ajoneuvoluokan kannasta 2035					Päästöt
	Henkilö	Paketti	Linja-autot	Kuorma-autot	Työkoneet	KHK 2035 (vrt 2021)
TCO1v	10,5-16,7% (14,6%) [14,4%]	6,4-13,2% (9,5%) [9,6%]	0,8-4,5% (2,4%) [2,4%]	5,1-7,9% (6,3%) [6,4%]	0,0-6,6% (3,1%) [3,0%]	63-79% (73%) [72%]
TCO2v	10,5-16,7% (14,7%) [14,5%]	6,5-15,3% (2,3%) [2,2%]	0,8-4,4% (2,4%) [2,4%]	4,8-7,8% (6,2%) [6,3%]	0,0-6,6% (3,1%) [3,0%]	61-79% (71%) [70%]
TCO3v	10,6-19,8% (15,7%) [15,5%]	1,6-2,5% (2,3%) [2,2%]	0,7-1,0% (0,9%) [0,9%]	1,3-1,7% (1,6%) [1,6%]	0,0-11,4% (2,8%) [5,4%]	58-80% (70%) [70%]
TCO4v	10,7-19,8% (15,8%) [15,6%]	1,6-2,5% (2,3%) [2,2%]	0,7-1,0% (1,0%) [0,9%]	1,6-2,6% (2,1%) [2,1%]	0,0-11,5% (2,7%) [5,9%]	56-80% (69%) [69%]
TCO1v info	10,3-15,5% (12,0%) [12,3%]	6,4-11,9% (8,3%) [8,5%]	2,3-4,6% (3,0%) [3,5%]	5,6-7,9% (6,6%) [6,6%]	3,3-6,9% (5,4%) [5,3%]	62-77% (68%) [68%]
TCO1v infra	10,4-16,6% (12,5%) [12,9%]	6,4-12,8% (8,8%) [8,9%]	0,8-4,7% (3,0%) [2,8%]	5,1-7,9% (6,4%) [6,5%]	0,0-7,0% (4,0%) [3,8%]	62-80% (70%) [70%]
TCO4v infra info OVS PA	10,6-10,9% (10,7%) [10,7%]	1,7-1,7% (1,7%) [1,7]	0,7-0,7% (0,7%) [0,7%]	2,6-7,9% (6,4%) [6,5%]	10,6-10,9% (10,8%) [10,8%]	52-57% (54%) [54%]

**Taulukko 60.** Valikoituja tuloksia kaasuajoneuvojen osuuksille. Taulukon sisältö ja tulkinta on muuten Taulukkoa 56 vastaava.

Testi (kts. taulukko 59)	Kaasuajoneuvojen osuus ajoneuvoluokan kannasta 2035					Päästöt
	Henkilö	Paketti	Linja-autot	Kuorma-autot	Työkoneet	KHK 2035 (vrt 2021)
TCO1v	10,1-16,3% (13,8%) [13,6%]	6,4-13,2% (9,5%) [9,6%]	11,5-19,9% (15,1%) [15,3%]	13,9-21,2% (17,3%) [17,3%]	23,9-33,0% (28,4%) [28,3%]	63-79% (73%) [72%]
TCO2v	10,1-16,3% (13,9%) [13,7%]	6,5-15,3% (10,1%) [10,2%]	10,4-20,6% (14,8%) [15,1%]	10,8-16,1% (13,3%) [13,4%]	22,2-31,8% (27,2%) [27,0%]	61-79% (71%) [70%]
TCO3v	0,3-1,2% (0,7%) [0,7%]	6,9-15,1% (9,9%) [10,2%]	10,3-20,9% (14,9%) [15,1%]	11,0-17,3% (13,7%) [13,8%]	18,3-31,7% (24,3%) [24,5%]	58-80% (70%) [70%]
TCO4v	0,3-1,2% (0,7%) [0,7%]	7,0-15,1% (10,0%) [10,3%]	6,0-10,8% (8,0%) [8,1%]	10,0-18,1% (13,4%) [13,5%]	17,3-35,5% (24,2%) [24,8%]	56-80% (69%) [69%]
TCO1v info	9,7-15,1% (11,2%) [11,5%]	6,4-11,9% (8,3%) [8,5%]	11,7-18,6% (14,4%) [14,6%]	13,7-20,1% (16,4%) [16,5%]	23,9-29,4% (26,1%) [26,1%]	62-77% (68%) [68%]
TCO1v infra	9,7-16,2% (11,8%) [12,2%]	6,4-12,8% (8,8%) [8,9%]	11,1-19,9% (14,4%) [14,7%]	13,8-21,1% (17,0%) [17,0%]	23,9-33,0% (27,3%) [27,4%]	62-80% (70%) [70%]
TCO4v infra info OVS PA	0,5-0,6% (0,5%) [0,5%]	8,5-8,8% (8,7%) [8,7%]	6,6-6,8% (6,7%) [6,7%]	11,5-11,8% (11,7%) [11,7%]	17,5-17,9% (17,7%) [17,7%]	52-57% (54%) [54%]

**Taulukko 61.** Testiajojen koodien selitteet ja viitteet oletusten parametreihin.

Koodi	Selite	Viite
TCO0, TCO1, TCO2, TCO3, TCO4	Valittu TCO-skenaario (kustannus-houkuttavuus uusien markkinoilla)	8.3.4
v	TCO-skenaarion saavuttamisen vuosi on vakioitu vuoteen 2030	8.3.4
info	Optimistinen oletus tiedon saatavuudesta	8.3.3
infra	Optimistinen oletus infran kehityksen nopeudesta	8.3.3
OVS	Optimistinen oletus sähköistämisen mahdollisuuksien kehityksestä ("osuus vaikea sähköistää")	8.3.2
PA	Ajoneuvojen pitoaika vakioitu kyselydatan mukaiseksi ("pitoaika")	8.3.1



Täyssähköajoneuvojen kannan kehityksiä (Taulukko 58) voidaan vertailla niiden mediaanien perusteella. Useissa tuloksissa on kuitenkin hyvin suuria vaihteluvälejä, jotka on samalla huomioitava. Jo kokonaiskustannusten kehityksen perustapaus (TCO1v) tuotti simulaatioissa 38%:n täyssähköauto-osuuden henkilöautoille ja 24,8%:n osuuden pakettiautoille vuonna 2035. Kaikki ajoneuvokannan muutokset ja päästölaskennan parametrien vaihteluvälit huomioiden yritysajoneuvokannan päästöt laskivat perustapauksessa 28% aikana 2021-2035.

Tulosten vaihteluväli on kuitenkin suuri, kun vakioidaan vain perustapauksen mukainen kokonaiskustannusten kehitys (TCO1-skenaario) ja annetaan muiden epävarmojen parametrien vaihdella. Suurin vaihteluväli on pakettiautojen täyssähköosuudessa, joka oli huonoimmillaan 17,1% ja parhaimmillaan 41,7%. Kuva 80 esittää henkilöautojen täyssähköosuuden käyräparven. Kuvaa voi tulkita niin, että kukin käyrä on mahdollinen tulevaisuus kun vakioidaan vain TCO1-mukainen kokonaiskustannusten kehitys. Kuva 81 esittää perustapauksen mahdollisia päästökehityksiä. Vaihteluväliä kaikissa tuloksissa aiheuttavat muun muassa muutokset tiedon saatavuudessa, latausinfraan kehityksen nopeudessa ja sähköistämisen teknisissä mahdollisuuksissa.

Kuva 82 esittää henkilöautojen täyssähköosuuden kehitystä, kun oletetaan muutoksia hankintatukeen ja polttoaineen hinnan muutoksiin (TCO4-skenaario). Mediaanitulokset nousi noin kymmenellä prosentilla verrattuna perustapaukseen eli 48,6%:iin. On kuitenkin huomioitavaa, että usea mahdollinen kehitys perustapauksessa tuottaa itse asiassa paremman tuloksen kuin jotkin heikommat tulokset hankintatuen ja polttoaineen hinnannousun kanssa. Tämä tulosten hyvin voimakas limittäisyys, joka ilmenee myös muiden ajoneuvoluokkien tuloksissa sekä päästötuloksissa, viestii siitä kuinka voimakkaasti ajoneuvokannan vähähiilinen siirtymä on useasta kriittisestä tekijästä kiinni. Pelkkä suotuisa kokonaiskustannusten muutos ei tämän mallinnuksen näkökulmasta takaa parempaa lopputulosta.

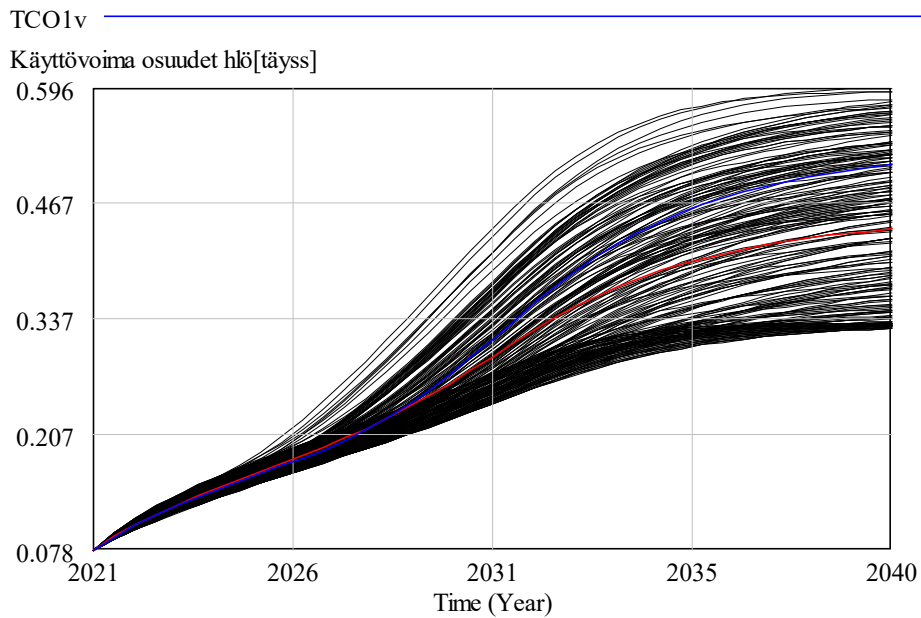
Tulosten vaihteluväli kapeni huomattavasti, kun lisää epävarmuuksia vakioitiin. Esimerkiksi kun ajoneuvojen hankkijoiden oletettiin olevan täysin tietoisia kustannustekijöiden viimeaikaisista kehityksistä ja latausinfraan oletettiin reagoivan ennakoivasti sähköajoneuvokannan kehitykseen ("infra info" -testit), täyssähköosuuksien vaihteluväli oli useissa ajoneuvoluokissa alle 10 prosenttisyyskoko. Kuva 83 esittää täyssähköajoneuvojen *lukumäärän* kehityksen yritysajoneuvokannassa (kaikkien luokkien summa), kun tehdään optimistiset tieto- ja infraoletukset tuottaman tuloksen kustannuskehityksen perustapauksessa (TCO1v infra info).

Kuva 84 esittää optimistisimpien testattujen oletusten yhteisvaikutuksen täyssähköajoneuvojen lukumäärään yritysten hankkimien ajoneuvojen kannassa. Vuonna 2035 täyssähköajoneuvoja olisi tässä optimistisessä tapauksessa yhteensä noin 696 700

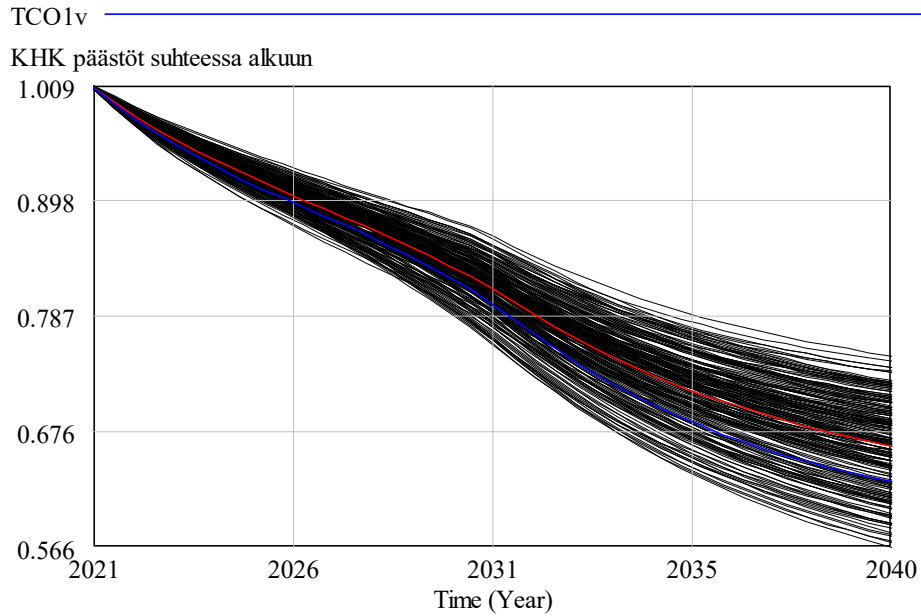
yritsajoneuvokannan eri ajoneuvoluokissa. Kaikki testatut oletusten yhdistelmät on raportoitu taulukoihin 58-60, seuraten taulukossa 61 esitettyjä oletusten viitteitä.

Seuraavassa kappaleessa keskitytään siihen, mitä yllä kuvattujen testien perusteella voidaan sanoa eri ohjauskeinojen vaikuttavuudesta yrittisajoneuvokannan päästövähennyksiin

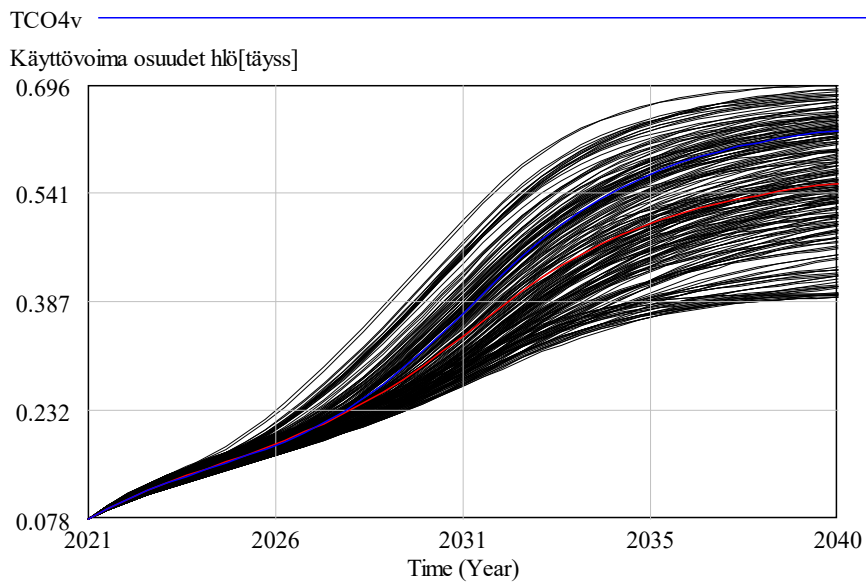
**Kuva 80.** Henkilöautojen täyssähköosuus 'TCO1v' -testille (kustannuskehityksen perustapaus) (1 = 100% luokasta, punainen käyrä on parven keskiarvo).



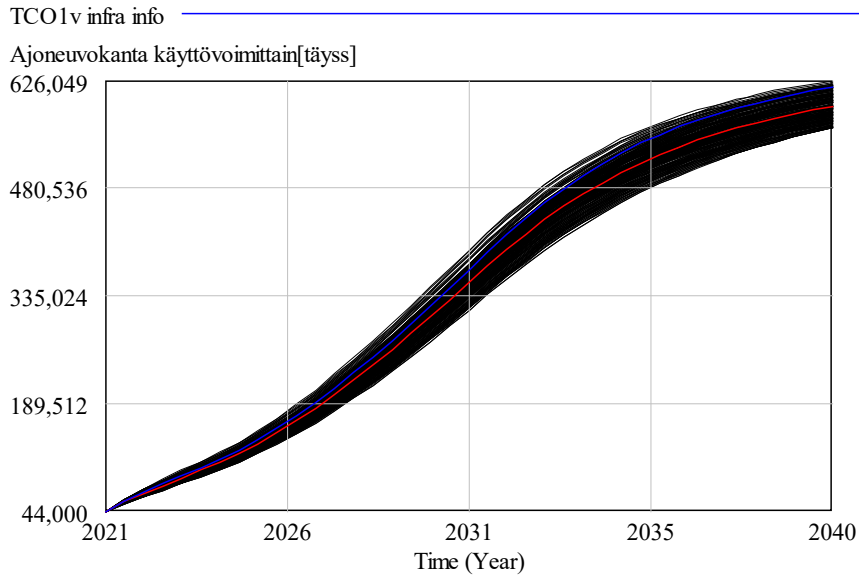
**Kuva 81.** KHK-päästöt suhteessa lähtötilanteeseen 'TCO1v' -testille (kustannuskehityksen perus-tapaus) (1 = 100%, punainen käyrä on parven keskiarvo).



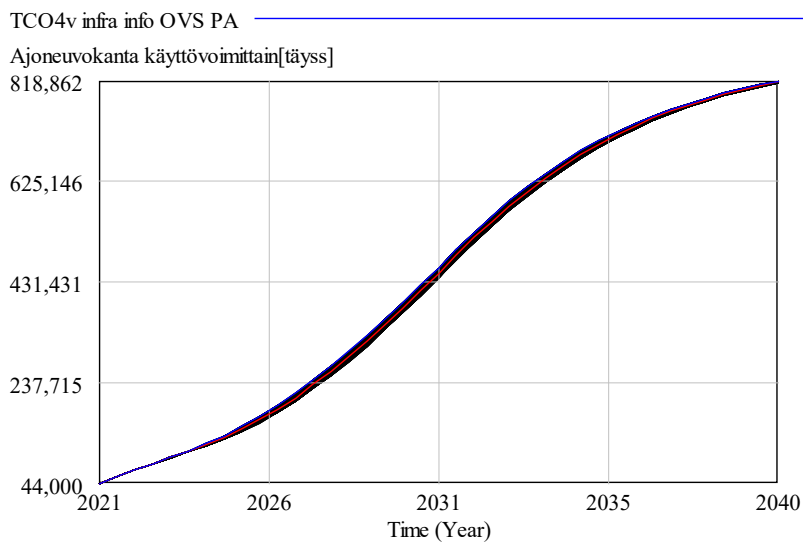
**Kuva 2.** Henkilöautojen täyssähköosuus 'TCO4v' -testille (kustannuskehityksen perus-tapaus) (1 = 100%, punainen käyrä on parven keskiarvo).



**Kuva 3.** Täyssähköajoneuvojen lukumäärien summa kaikissa yritysajoneuvokannan luokissa 'TCO1v infra info' -testille (kustannuskehityksen perus-tapaus) (1 = 100%, punainen käyrä on parven keskiarvo).



**Kuva 4.** Täyssähköajoneuvojen lukumäärien summa kaikissa yritysajoneuvokannan luokissa optimistisimmalle 'TCO4v infra info OVS PA' -testille (kustannuskehityksen perus-tapaus) (1 = 100%, pu-nainen käyrä on parven keskiarvo).



## 6.4 Vaikutusarviointi

Kappaleen 6.3 testeissä tehtiin erilaisia oletusten yhdistelmiä muutosajureista. Eri ohjaustoimien vaikutuksia voidaan arvioida vertailemalla tiettyjen testien tuloksia toisiinsa. Lisäksi voidaan kommentoida laadullisesti, mitä kunkin laisesta muutoksesta tiedetään käytännössä.

### 6.4.1 Testien vertailua

Taulukko 62 esittää 12 eri vaikutusarviota, jotka tehtiin simulaatiotestejä vertailemalla. Indikaattoreina käytetään täyssähköajoneuvojen osuuden kasvua kussakin ajoneuvo-luokassa sekä päästökehitystä. Tuloksissa vertaillaan 200:n Monte Carlo -ajon mediaaneja (taulukon 58 suluissa olevat luvut). Lisäksi on syytä kiinnittää huomiota kutakin mediaania ympäröivään vaihteluväliin (ks. taulukko 58). Taulukon 62 sarake ”vaikutusarvion kuvaus” antaa sanallisen selityksen kunkin testiparin vertailun merkityksestä.

**Taulukko 62.** Vaikutusarviointia eri testiajoja vertaillen. Kuhunkin testiin sisältyy 200 ajoa, joiden mediaaneja vertaillaan. Testiajot on raportoitu taulukossa 56. Tummempi sininen viittaa korkeampaan täyssähköjen osuuteen ja matalempiin päästöihin.

			Muutos täyssähköajoneuvojen osuudessa 2021-2035, prosenttiyksikköä					
Muutosajuri	Vaikutusarvion kuvaus	Vertailtavat mediaanit	Henkilö	Paketti	Linja-autot	Kuorma-autot	Työkoneet	Muutos KHK päästöissä 2021-2035, prosenttiyksikköä
Kokonaiskustannukset	Perustapauksen vaikutus vrt. ei muutosta	'TCO1v' & 'TCO0'	+18,7	+10,4	+6	+2,3	+5,2	-10
	Hankintatuen vaikutus vrt. perustapaus	'TCO2v' & 'TCO1v'	+0,6	+4,5	+3,0	+2,6	+1,2	-1
	Dieselin ja kaasun hinnannousun vaikutus vrt. perustapaus	'TCO3v' & 'TCO1v'	+10,6	+5,3	+3,8	+4,7	+5,0	-3

	Kahden edellisen yhteisvaikutus vrt. perustapaus	'TCO4v' & 'TCO1v'	+10,3	+5,2	+8,6	+8,8	+10,4	-4
Infran kehitys	Infran kehityksen vaikutus kustannusten perustapauksessa	'TCO1v' & 'TCO1v infra'	+9	+3,5	+1,6	+1,6	+2,1	-2
	Infran kehityksen vaikutus, kun oletetaan hankintatuki ja polttoaineen hinnannousu	'TCO4v' & 'TCO4v infra'	+9.1	+3,6	+3,7	+5	+5,1	-5

Tiedon saatavuus	Tiedon saatavuuden vaikutus kustannusten perustapauksessa	'TCO1v' & 'TCO1v info'	+11,0	+5,3	+2,7	+3,3	+4,5	-4
	Tiedon saatavuuden vaikutus, kun oletetaan hankintatuki ja polttoaineen hinnannousu	'TCO4v' & 'TCO4v info'	+9,8	+4,9	+5,7	+6,0	+7,9	-6
Sähköistämisen mahdollisuudet	Sähköistettävyyden edistämisen vaikutus kustannusten perustapauksessa	'TCO1v' & 'TCO1v infra OVS'	+8,9	+3,5	+1,3	+1,6	+1,9	-3
	Sähköistettävyyden edistäminen, kun oletetaan hankintatuki ja polttoaineen hinnannousu	'TCO4v' & 'TCO4v infra OVS'	+9,0	+3,8	+3,9	+4,2	+5,1	-5



Pitoaika	Nopeamman ajoneuvojen uusimistiheyden vaikutus kustannusten perustapauksessa	'TCO1v' & 'TCO1v PA'	+0,7	+4,7	+2,4	+0,8	+0,1	-3
Optimistinen kehitys kaikkiin vaikutusajureihin	Vaikutus, kun muuten kaikkien epävarmojen vaikutusajurien kehityksiä optimistisiksi.	'TCO1v' & 'TCO4v info infra OVS PA'	+26,0	+23,4	+27,7	+24,4	+21,6	-18

Vertailemalla tilannetta, jossa markkinaosuudet eivät kehity nykytilasta (TCO0), perustapaukseen (TCO1v), saatiin kuva perustapaukseen sisältyvästä muutoksesta. Perustapauksen oletukset nostavat henkilöautojen täyssähköosuutta 18,7%-yksiköllä ja pakettiautojen osuutta 10,4%-yksiköllä. Työkoneiden ja linja-autojen täyssähköosuudet kasvavat yli 5 %-yksiköllä, kun taas kuorma-autojen osuus kasvaa selvästi vähemmän. Perustapaukseen sisältyy 10%-yksikön päästövähennys.

On kuitenkin huomioitavaa, että perustapauksen tuloksissa on suurta vaihteluväliä. Pessimistisimmässä tapauksessa esimerkiksi pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen täyssähköosuus ei käytännössä muuttuisi perustapauksessa (vertailtavien tulosten vaihteluvälit ovat limittäisiä). Sen sijaan henkilöautojen täyssähköosuus nousisi pessimistisimmissäkin vertailukohtissa kymmenisen %-yksikköä.

Muita testejä vertailtiin joko perustapaukseen tai ohjauskeinoja sisältäviin TCO-tapauksiin (TCO2, TCO3, TCO4). Näin saatiin kuva eri muutosajurien kuten infran kehityksen tai tiedon saatavuuden vaikutuksesta joko perustapauksessa tai yhdessä TCO-muutosten kanssa.

Hankintatuki nosti raskaiden ajoneuvojen täyssähköosuuksia, mutta ei missään luokassa yli viittä %-yksikköä. Sen sijaan polttoaineen hinnannousun oletus nostaa pakettiautojen ja työkoneiden täyssähköosuutta yli viisi %-yksikköä. Molemmat ajurit yhdessä johtivat yli 10%-yksikön täyssähköosuuden kasvuun työkoneissa, yli 5%-yksikön nousuun kaikissa luokissa, sekä neljän %-yksikön päästövähennykseen<sup>27</sup>. Näissäkin vertailuissa tosin pitää huomioida, että osa perustapauksen parhaista tuloksista oli limittäisiä huonoimpien ohjauskeinotestien tulosten kanssa. Limittäisyys korostaa jälleen sitä, että ajoneuvokannan muutos seuraa useaa tärkeää muutosajuria kokonaiskustannusten lisäksi. Muilta osin optimistinen perustapaus voi olla parempi tulevaisuus kuin muilta osin epäonnistuva kustannusohjaus-tapaus.

Optimistiseen infran kehitykseen kuului jokseenkin ennakoiva infran kehitys<sup>28</sup>. Perustapauksessa ennakoiva infran kehitys kasvatti vain henkilöautojen täyssähköosuutta yli viisi %-yksikköä. Tilanteessa, joissa kustannustekijöitä jo ohjataan (TCO4), samalla tavalla ennakoiva infran kehitys kasvatti myös kuorma-autojen ja työkoneiden täyssähköosuus kasvoi viitisen %-yksikköä. Mediaanipäästöt laskivat tässä tapauksessa viisi %-yksikköä. Infran nopealla kehityksellä olisi siis suurempi vaikutus tilanteessa,

<sup>27</sup> Henkilöautoja vertailtaessa optimistisemmat TCO4v -oletukset eivät suoraan näkyneet parempina kuin TCO3v -oletukset. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että Monte Carlo -menetelmällä ajojen parametrisoinnit ovat satunnaisia. Jos kahden testiasetelman mediaanitulokset ovat hyvin lähellä toisiaan, ne voivat sattumalta vaihtaa paremmuusjärjestyistä. Tämän todennäköisyyden pitäisi laskea, mitä enemmän parametreja vakioidaan, kuten myöhemmissä testivertailuissa.

<sup>28</sup> Latauspisteitä ja kaasuautojen tankkauspisteitä pantiin rakenteille niin, että niitä olisi valmistuksessaan yhteensä 1,2-kertaa sähkö- ja kaasuautokannan koko päätöshetkellä edellyttäisi.

jossa jo sovelletaan kustannusohjausta. Kaikissa testeissä varioitiin sitä, kuinka voimakkaasti lataus- ja tankkauspisteiden vaje vaikutti hankintapäätöksiin käyttövoimien välillä. Kun oletetaan ennakoiva infrakehitys, päästökehityksien vaihteluväli kapenee hieman niin, että pessimistisimmät päästötuloksen paranevat yhdellä tai kahdella %-yksiköllä.

Mallissa varioitiin, kuinka nopeasti eri luokissa sähköajoneuvot tulevat teknisesti realistiseksi vaihtoehdoksi. Tällainen kehitys voi sisältää teknologista kehitystä esim. akkujen ominaisuuksissa, lataus- ja tankkausverkon laajentumista, tai käyttövan muutoksia (pienempiä voimavaatimuksia tai lyhyempiä käyttöjaksoja). Kun tehtiin optimistisia oletuksia sähköistämisen mahdollisuuksista yhdessä ennakoivan lataus- ja tankkauspisteiden kehityksen kanssa, tulokset eivät juuri muuttuneet verrattuna pelkkään ennakoivaan infrakehitykseen. Tämä voi heijastaa sitä, että sähköistämisen teknisten mahdollisuuksien vaihteluväli ei ole sellaisilla tasoilla, joilla se muodostaisi kriittistä tekijää annettujen TCO- ja latauspiste-oletusten puitteissa.

Optimistinen tiedon saatavuuden oletus tarkoitti, että TCO-kehitys on ajoneuvojen hankkijoiden tiedossa. Tieto ei siis itsessään luo kysyntää jos kustannustekijät eivät sitä perustelee<sup>29</sup>. Optimistinen tiedon saatavuuden oletus paransi tuloksia suunnilleen samassa suuruusluokassa kuin optimistinen infrakehitys. Kun kustannustekijöitä ohjataan, tiedon ajantasaisuus on merkityksellisempää (muutosta kustannustekijöissä on ylipäätään enemmän). Kustannusohjauskeinojen tapauksessa runsas tiedon saatavuus paransi päästökehityksen vaihteluvälin pessimististä päätä 6%-yksikköä.

Mallissa käytettiin varsin laajaa vaihteluväliä raskaiden ajoneuvojen pitoajoille. Pitoajat määrittävät mallissa myös uusien ajoneuvojen kysynnän määrän, ja siten sillä on periaatteessa paljon potentiaalia ajoneuvokannan uudistamisessa (uusien käyttövoimien lisäksi myös alemman kulutuksen ajoneuvoihin). Kun pelkästään pitoajat vakioitiin niihin suhteellisen alhaisiin lukuihin, jotka saatiin kyselyaineiston perusteella, simulaatiotulokset paranivat vain hitusen suhteessa testiin ilman pitoajan vakiointia. Vaatimaton tulos korostaa jälleen usean tärkeän muuttujan samanaikaista merkitystä.

Viimeisenä vaikutusarviona vertailtiin optimistisimpia oletuksia perustapaukseen. Optimististen oletusten lukumäärä itsessään kaventaa tulosten vaihteluväliä paljon ja auttaa ylittämään perustapauksen optimistisimmat luvut kaikissa tapauksissa. Täyssähköajoneuvojen osuus kasvoi yli 20%-yksikköä kaikissa luokissa ja yli 25%-yksikköä henkilö ja linja-autoissa. Mediaanipäästöt laskivat 18%-yksikköä.

<sup>29</sup> Mallissa tietoa tulee joka tapauksessa saataville kuulopuheen kautta, mutta vain samassa suhteessa kuin on käyttövoimien suosio uusilla markkinoilla (harvinaisesta käyttövoimasta leviää vähemmän tietoa).

## 6.4.2 Laadullinen tulkinta ja ohjauseinot

Yllä esitetyt vaikutusarviot voidaan jakaa niin, että ne kohdistuivat liikennejärjestelmän eri muutosajureihin (kuten kustannukset, infra, tieto...). Taulukko 63 tiivistää projekti-ryhmän näkökulmia siitä, mitä eri muutosajureista tiedetään ja mitkä kaikki ohjauseinot voisivat niihin kohdistua.

Kokonaiskustannukset. Vaikutusarvioissa hankintatuen vaikutus oli melko vähäinen. Tulos vastaa aiempaa taloustieteen kirjallisuuden viestiä siitä, että hankintatuki on verrattain kallis tapa saavuttaa päästövähennyksiä, vaikkakin sen rooli markkinaa avaavana toimena käyttövoimamuutoksen alkuvaiheessa voi olla merkittävä. Sen sijaan polttoaineen hintaa runsaasti nostamalla saatiin suurempi vaikutus. Olisi myös mahdollista, että ajoneuvojen hankkijat alkavat ennakoida polttoaineen hinnan nousua jo ennen, kuin nousua tapahtuu. Tällaiset ennakoivat dynamiikat eivät sisällyneet mallin rakenteeseen.

Testit joka tapauksessa pystyvät tuottamaan merkittäviä ajoneuvokannan muutoksia kokonaiskustannuksia muuttamalla. Kokonaiskustannuksiin liittyy muitakin ohjauseinot, joita voitaisiin suunnitella vaihtoehtoisiksi tai päällekkäisiksi. Linja- ja kuorma-autoille ei vielä ole ajoneuvoveroa tai autoveroa. Pakettiautojen ajoneuvovero ei ole voimakkaasti eritelty käyttövoimittain. Myös tienkäyttömaksut voisivat ohjata käyttövoimien valintoja. Kustannuksiin keskittyvissä ohjauseinotissa on hyvä muistaa, että erityisesti pienemmillä yrityksillä voi hankinnoissaan olla suurempi painotus hankintakustannuksiin. Energiategohokkuuslainat voivat olla yksi keino laskea pitkäjänteisempien investointien kynnystä pienemmille toimijoille. Kannattaa myös muistaa, että kokonaiskustannuksiin sisältyy myös ajoneuvojen jälleenmyyntiarvo. Toimet, jotka tukevat sähköajoneuvojen kysyntää käytettyjen markkinoilla voivat vaikuttaa yritysten kokonaiskustannusarvioihin.

Lataus- ja tankkauspisteet. Nopea lataus- ja kaasutankkauspisteiden kehitys tarkoittaisi, että niiden riittävyys olisi mahdollisimman pieni epävarmuus ajoneuvojen hankkijoille. Investointituki pisteille ja asemille on selvä vaihtoehto infran kehityksen turvaamiseksi, jolle on teoreettisia perusteita sekä lupaavaa empiiristä näyttöä henkilöautojen tapauksessa. Infran kehitys toki myös reagoi ajoneuvokannan kehitykseen (kuten mallirakenne huomioi) sekä kannan odotettuun kehitykseen. Voitaisiin siis ajatella, että myös muut syyt odottaa sähkö- ja kaasujoneuvojen kasvua voivat tukea myös infran kehitystä. Lataus- ja tankkausinfrastruktuurin vaihtoehtoja erityisesti raskaan kaluston väylä- käytävä- ja työkoneympäristöihin ei ole vielä riittävästi selvitetty.

Tiedon saatavuus. Ajoneuvojen hankkijoiden tiedon lisääminen voisi tarkoittaa viestintää käyttövoimien ajantasaisesta markkinatilanteesta, jälleenmyyntiarvosta, teknisistä

ominaisuuksista kuten käyttösteestä sekä saatavilla olevista kannustimista. Myös esimerkiksi energiamerkinnät voivat helpottaa tiedon välittymistä hankintatilanteessa. Jos hankkijan epävarmuus koskee ajoneuvojen teknistä toimintavarmuutta tai jälleenyntiarvoa, matalat käyttökustannukset eivät välttämättä paina päätöksenteossa riittävästi. Informaatio-ohjauksessa joka tapauksessa oletetaan, että käyttövoimien kustannuksissa tai laadussa on tapahtunut konkreettista muutosta jota viestiä - ts. tiedon saatavuus ei ohjauseinona ole irrallaan muusta kehityksestä.

Yritysten tiedon tason todentaminen on haastavaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että yritykset ovat kotitalouksia kyvykkäämpiä esimerkiksi laskemaan elinkaarikustannuksia, mikä jossain määrin rajoittaa erillisten viestintäkampanjoiden potentiaalia.

Sähköistämisen tekniset esteet. Sähköajoneuvot voivat sulkeutua pois harkinnasta, jos käyttötavan vaatima voima on liian suuri tai matkoja tehdään harvan latausverkon alueilla. On tärkeää huomata, että tekniset esteet sähköistämiseksi ovat siis aina suhteessa käyttötapaan ja ajoneuvotyyppiin, jolloin kyse voi olla teknisen kysymyksen lisäksi myös liiketoiminnallisesta kysymyksestä. Liiketoimintamallien uudistuminen esimerkiksi pienempiä ajoneuvojen voimia vaativaksi on siis vartenotettava sähköistämisen ajuri. Myös latausverkon kattavuuden tukeminen auttaa varmistamaan, että sähköajoneuvo on vartenotettava vaihtoehto erilaisille matkoille. Innovaatorahoitus ja pilottihankkeet voivat olla sopiva keino hallita epävarmojen ja uudenlaisten toimintatapojen kokeilun riskejä.

Kulutus ja suorite. Simulaatiomallissa kulutus ja suorite olivat päästölaskennan tekijöitä, eli ne osaltaan vaikuttavat KHK-päästötulosten vaihteluväleihin. Lisäksi oletukset suoritteesta ja kulutuksesta vaikuttivat lähtötietoihin kokonaiskustannuksista (TCO). Mahdollisia ponnahtusilmiöitä (*rebound effect*), joissa ajoneuvojen laskeva kulutus johtaisi suoritteen kasvuun, ei huomioitu.

Uusien ajoneuvojen kulutusta ohjaa valmistajien tarjonta (jota itsessään ohjataan regulaatiolla ainakin EU-tasolla). Kysynnän jakaumaan kotimaassa taas vaikuttavat samat tekijät kuin hankintapäätöksiin yleensä: hankintatuet, lainat, sekä auto-, ajoneuvo-, polttoaine- ja sähköverot. Käytön kustannukset voivat vaikuttaa suoritteeseen. Monilla aloilla kuten takseille ajosuoritteen tuottaminen on kuitenkin liiketoimintamallin keskiössä, jolloin suoritteen ohjaaminen voi olla vaikeaa. Voitaisiin pohtia, missä määrin liiketoimintamalleja on mahdollista uudistaa matalampia suoritteita vaativiksi, missä määrin suoriteluvut ovat elinkeinorakenteen ominaisuus, ja missä määrin elinkeinorakenteiden koostumukset itsessään ovat siirtymäpolitiikan piirissä.

**Taulukko 63.** Laadullisissa suuntaviivoja simulaatiotestien ja vaikutusarvioiden tulkintaan.

Muutosajuri	Ohjauskeinoja	Huomioitavaa ohjauskeinoista	Muita tekijöitä	Muuta huomioitavaa
Omistajan kokonaiskustannukset	Hankintatuet Autovero Ajoneuvovero Polttoainevero, käyttövoiman verotus, sähkövero Tienkäyttömaksut Energiatehokkuuslainat (erit. pienet toimijat)	Linja- ja kuorma-autoilla ei ajoneuvoveroa tai autoveroa.  Pakettiautojen ajoneuvovero ei ole voimakkaasti eritelty käyttövormittain.  Hankintatuki on usein kallis tapa saavuttaa päästövähennyksiä	Ajoneuvojen markkinahinnat  Polttoaineen (odotettu) markkinahinta	Pienemmillä yrityksillä voi olla suuri painotus hankintakustannuksiin  Toimivat jälkimarkkinat voivat kannustaa korkean elinkaarikustannuksen hankintaan.
Infran kehitys	Investointituki latauspisteille ja -asemille	Infratuen tehokkuudelle on hyvät teoreettiset perusteet.  Empiirinen näyttö tukee infratuen tehokkuutta henkilöautojen sähköistämisen suhteen.	Positiiviset käyttövoiman tulevaisuusnäytymät	
Tiedon saattavuus	Informaatiokampanjat käyttövoimien markkinatilanteesta ja kannustimista Hankinnan yhteydessä tarjottava informaatio, esimerkiksi energiamerkinän muodossa	Yritykset ovat tyypillisesti ennestään kyvykkäämpiä laskemaan vaihtoehtoisten ajoneuvojen elinkaarikustannuksia kuin kuluttajat Epävarmuus esim. uuden käyttövoiman toimintavarmuudesta tai jälleenmyyntiarvosta voi johtaa siihen, että edulliset käyttökustannukset eivät tule huomioituksi päätöksenteossa Informaation esittämistapa vaikuttaa viestin välittymiseen	Yritysten oma markkinointi	Yritysten tiedon tason todentaminen on hyvin haastavaa.
Sähköistämisen tekniset esteet	Innovaatiorahoitus Innovatiiviset hankinnat Kokeilu- ja pilotihankkeet		Tekninen kehitys Liiketoimintamallien muutos	Tekniset pullonkaulat ovat suhteessa johonkin käyttötarkoitukseen tai -tapaan. Ajoneuvojen käytön tavat voivat muuttua niin, että suuren osan ajoneuvoista pystyy vaihtamaan sähköajoneuvoon. Tämä voi edellyttää esim. liiketoimintamallin muutosta.
Uusien ajoneuvojen kulutus (tai ominaispäästöt)	Hankintatuet Autovero Ajoneuvovero Polttoainevero Sähkövero Energiatehokkuuslainat (erit. pienet toimijat)	Kulutusluokkien kysyntään vaikuttavat samat keinot kuin hankintaan yleensä	Tekninen kehitys EU:n päästöstandardit ajavat voimakkaasti tarjontaa	

Suorite	Käytön kustannukset: polttoaineen ja muiden käyttövoimien verotus, mahdolliset tienkäytömaksut		Liiketoimintamallien muutos	Suoritteiden määrä voi olla hyvin voimakkaasti sidoksissa liiketoimintamalliin, ja sen muutokselle voi siksi olla korkea kynnys. Yritysjoneuvojen suoritteita voi laskea tai nostaa uudet liiketoimintamallit.
---------	--	--	-----------------------------	--

## 7 Kehityksen ja ohjauskeinojen arviointi

### 7.1 Omistajan kokonaiskustannusten kehittyminen

Kappaleessa 6.1.4 käsiteltiin TCO-analyysin tuloksia ja niistä tehtäviä yleisiä johtopäätöksiä, sekä tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Kolme päätulosta raskaan tieliikenteen osalta olivat:

1. Vertailussa diesel-kaasu on kaasuaajoneuvojen pääomakulu hieman dieseliä korkeampi, mutta tämä kompensoituu puolestaan hieman alemmaksi arvioituilla polttoainekuluilla. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen kannattavuus verrattuna dieseliin paranee hieman suoritteiden kasvaessa.
2. Sähköisten ajoneuvojen hankintakustannus on tällä hetkellä selvästi polttomoottorikäyttöisiä suurempi. Toisaalta sekä akkujen että sähköisen voimalinjan hintojen ennustetaan laskevan voimakkaasti seuraavan vuosikymmenen aikana tuotannon laajentuessa ja skaalaetujen tullessa esiin. Vastaavasti sähköisten ajoneuvojen käyttökustannus ja energiakustannus on selvästi kaasu- ja dieselajoneuvoja alempi. Käyttönoton rajoitteeksi suurilla suoritteilla tulee akkukapasiteetin ja yhden latauksen ajomatkan rajallisuus suhteessa mahdollisuuksiin järjestää lataaminen.
3. Päivittäisen tai kertasuoritteiden kasvaessa sähköisen kaluston operointi tulee kasvavassa määrin riippuvaiseksi pikalataamisesta. Useissa käyttötapauksissa käytönaikaisen lataamisen infrastruktuuriratkaisut tulevat oleellisiksi tuotannon tekijöiksi kaupallisten ajoneuvojen sähköistyksessä, erityisesti raskaan kaluston osalta. Kuorma-autojen, rekkojen ja työkonien osalta näitä on toistaiseksi markkinoilla, kokeiluissa tai tuotantokäytössä rajallisesti tai ei ollenkaan.

Edellä mainitut kolme päätulosta pohjautuvat ennusteeseen teknologian, markkinatarjonnan ja uusien liiketoimintojen kehityksestä tulevan vuosikymmenen aikana. Teknologisten ratkaisuiden ja markkinan ollessa nopeassa kehitysvaiheessa on nopeimpia vasteita analyysin mukaan saavutettavissa toimilla, jotka aktivoivat juuri avautumassa olevaa markkinaa. Ensi vaiheessa tällaisia toimia ovat esimerkiksi hankintahintaan vaikuttaminen tai alkuinvestoinnin lisähinnan kompensointi hankintatuen tai muun



vastaavan, alkuvaiheen jälkeen vaiheittain poistuvan tukikomponentin kautta. Kyseen voi myös tulla rahoitukseen liittyvät mekanismit. Hankinnan pääomakuluun liittyvät keinot näyttävät erityisen osuvina raskaan kaluston (ajoneuvot ja työkoneet) sähköistyskokeilujen aikaansaamiseksi, ensin pilottihankkeisiin ja myöhemmin laajeneviin hankintoihin.

Samalla tulee huolehtia mahdollistavan infrastruktuurin rakentumisesta vähintään ajoneuvojen ja koneiden markkinakysyntää vastaavasti, sekä toisaalta valituilla kohdennetuilla ohjauskeinoilla, jotka parantavat nollapäästöisten ajoneuvojen ja työkoneiden käytön kustannustehokkuutta. Kokemuseräisen tiedon kartuttamiseksi kokeilu- ja pilottihankkeiden saaminen liikkeelle olisi keskeistä.

## 7.2 Systemidynaaminen mallinnus

Kappaleissa 6.3 ja 6.4 esitettiin skenaarioita ajoneuvokannan ja KHK-päästöjen kehityksistä eri oletuksilla. Simulaatiomallin rakenne otti huomioon ajoneuvojen pitoajan yritysten käytössä, lataus- ja tankkauspisteiden kehityksen dynamiikan, tiedon saatavuuden, sähköistämisen tekniset pullonkaulat, sekä yllä kuvatut TCO-skenaariot. Päästölaskenta perustui mallin laskemiin muutoksiin ajoneuvokannassa sekä vaihteluihin muissa laskennan tekijöissä kuten kannan kulutuksessa ja eri ajoneuvoluokkien ajosuoritteissa. Monte Carlo -simulaatiomenetelmä korosti, että ottamatta kantaa useaan epävarmaan tekijään kerralla, varsin monenlainen tulevaisuuskehitys on mahdollinen. Sen sijaan eri ohjauskeinoja yhdistelemällä (tai muuten oletuksia lisäämällä) tulosten vaihteluväli saadaan kaventumaan. Seuraavia johtopäätöksiä voidaan tehdä:

1. Ajoneuvokannan koostumuksen kehitystä ohjaa usea tärkeä tekijä, kuten kokonaiskustannukset, infran riittävyys ja tiedon saatavuus. Mikään näistä tekijöistä ei kuitenkaan yksin takaa hyvää kehitystä. Maltilliset ja optimistiset kokonaiskustannusten kehitykset voivat johtaa jopa limittäisiin lopputulemiin, riippuen mitä muista kriittisistä tekijöistä oletetaan.
2. Verrattuna ”ei muutosta” -tapaukseen, kokonaiskustannusten perustapaukseen sisältyy suhteellisen suurta ajoneuvokannan sähköistymistä vuoteen 2035 mennessä muissa luokissa paitsi kuorma-autoissa. Perustapaukseen sisältyy myös noin kymmenen prosentin päästövähennys.
3. Polttoaineen hinnan nousu oli tehtyjen oletusten puitteissa runsaasti hankintatukea tehokkaampi keino sähköistää ajoneuvoja.

4. Työkoneet ja kuorma-autot sähköistyivät melkein kaikissa skenaarioissa selvästi muita ajoneuvoluokkia vähemmän. Henkilöautojen täyssähköosuus taas kasvoi helpoiten.
  
5. Optimistisimmassa skenaariossa, jonka muutosajurit ovat kuitenkin suurelta osin ohjauskeinojen piirissä, yritysten omistamien ajoneuvojen täyssähköosuudet vuonna 2035 olivat seuraavat: henkilöautot 65%, pakettiautot 49%, linja-autot 47%, kuorma-autot 33%, ja työkoneet 29%. Kaasuajoneuvoja on tässä tapauksessa hyvin vähän henkilöautokannassa, ja eniten työkoneiden kannassa (enimmillään 18%). Hybridejä on tässä tapauksessa noin 11% henkilöauto- ja työkonekannassa, ja varsin vähän muiden luokkien kannassa. Suurin päästövähennys oli 48%.

## 8 Yhteenveto ja suositukset

Seuraavaan on koottu raportin keskeisiä tuloksia.

1. Henkilöautojen osalta markkinatarjonta ja hankinnat ovat voimakkaassa murroksessa. Täyssähköautot tulevat kasvattamaan yritysautoissa markkinaosuuttaan sekä tarjonnan nopean kasvun, että työsuhdeautojen verotusmuutoksen johdosta, mutta yritysten on hyvä varautua ottamaan huomioon verotusarvon alennuksen kustannusvaikutus. Ladattavien hybridien kohdalla yrityksillä on taloudellinen kannuste huolehtia autojen lataamisesta, ja lakimuutoksen myötä kotilatauslaitteen saaminen ja lataamiseen kannustaminen helpottuvat. Uudet C- ja JS/JM-luokan täyssähköautomallit osuvat hyvin myös yritysautoluokkien tarpeisiin, mutta D-luokkaan tarvittaisiin lisää täyssähköautojen tarjontaa. Osaltaan D-luokan tarjonnan puutetta tulevat oletettavasti täyttämään uudet JM-kokoluokan mallit, seuraten globaalia kysynnän ja tarjonnan muutosta sedan- ja farmarimalleista katu- maastureihin.
2. Pakettiautojen osalta markkinaa hallitsevat tällä hetkellä dieselpakettiautot, mutta segmentti on tarjonnan osalta vahvasti sähköistymässä. Alkuvaiheessa suuri osa tarjonnasta on suunnattu lähinnä kaupunkijakeluun ja vastaaviin lyhyen ajomatkan tarpeisiin. Toistaiseksi täyssähköpakettiautojen hankintahinnat ovat vielä selvästi korkeampia kuin vastaavien dieselversioiden.
3. Linja-autojen osalta käyttövoimien markkinatarjonta on parantunut viime vuosien aikana nopeasti. Tällä hetkellä käyttövoimien myynti on painottunut sekä diesel- että sähköbussien ja merkittävimmät markkinamuutokset liittyvät viime vuosien aikana täyssähköbussien lisääntyneeseen tarjontaan erityisesti kaupunkibussien segmentissä. Esimerkiksi HSL-alueella suuri osa uusista kaupunkibusseista hankitaan jo sähköisinä. Pidemmän matkan linja-autoliikenteen kalusto painottuu edelleen voimakkaasti dieseliin ja muutos tulee olemaan selvästi hitaampi.
4. Kuorma-autojen kehitys on kokemassa seuraavan kymmenen vuoden kuluessa murroksen useampien vaihtoehtoisten käyttövoimien tullessa markkinoille. Esimerkiksi jakeluautopuolella on jo tarjontaa sähkökuorma-autoista. Valtaosa merkittävimmistä kuorma-autovalmistajista on tunnistanut sähkökäyttöisten kuorma-autojen kysynnän kasvamisen. Sähkökäyttöisten kuorma-autojen tuotekehitykseen panostetaan tällä hetkellä valtavasti, ja käytännössä kaikkien tyyppillisten kuorma-automerkkien tuoteportfoliota laajennetaan sähköajoneuvojen tarjonnan suuntaan. Kuorma-autojen ja rekkojen osalta myös kaasu on Suomessa noussut

aiempaa vahvemmin vaihtoehdoksi. Kuorma-autojen ja rekkojen osalta käyttökohteiden ja käyttötapausten kirjo on laaja ja muutos dieselistä uusiin käyttövoimiin tulee vaihtelevaan suuresti ryhmän sisällä.

5. Työkonemarkkina on tieliikenne- ja ajoneuvosektoria huomattavasti moniulotteisempi. Työkoneiden tyypit ja kokoluokat ovat laajoja konekategorioiden sisällä ja kaluston käyttötehokkuudet (aktiiviset käyttöiät) vaihtelevat runsaasti käyttötarkoitusten mukaan. Tyypillisin käyttövoima Suomeen myydyissä työkoneissa on edelleen fossiilinen moottoripolttoöljy tai diesel. Nykyisellään dieselkäyttöisten työkoneiden osuus työkoneiden kokonaishiilidioksidipäästöistä on n. 91,2 %, bensiinikäyttöisten n. 8,4 % ja kaasukäyttöisten vain 0,4 %. Sähköisten työkoneiden markkina näyttää kuitenkin olevan, kuten liikennesektorilla, vahvassa nousussa mutta muutoksen nopeus vaihtelee voimakkaasti segmenteittäin. Lukuisilla työkon valmistajilla on jo nyt tai lähitulevaisuuden suunnitelmissa lisätä akkusähkökoneiden tarjontaa ja myyntiosuutta.
6. Tieliikenteen suoritteista on tuotettu tietoa laajasti, moniin eri tutkimuksiin perustuen. Tietoja on kuitenkin tuotettu erilaisiin tarpeisiin eivätkä ne ole tähän saakka muodostaneet yhtenäistä kokonaiskuvaa Suomen liikennesuoritteista. Julkisen liikenteen suoritetilaston ja Tieliikenteen tavarankuljetustilastoon tiedot kuvaavat kuljetustoiminnan suoritteita linja-autojen ja kuorma-autojen osalta. Kokonaissuoritteet näissä tilastoissa jäivät kuitenkin selvästi pienemmiksi kuin Tietilaston suoritelmäärät.
7. VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmä pyrkii tuottamaan kokonaiskuvan liikennesuoritteista Suomen liikenteen päästöjen arviointia varten. Suoritemääriä on järjestelmässä suhteutettu polttoainekulutuksesta käytettävissä oleviin tietoihin sekä Tilastokeskuksen vuonna 2010 kertaluonteisena tekemään arvioon Suomeen rekisteröidyn kaluston suoritteen jakautumisesta eri ajoneuvolajeille ja käyttövoimille. Vaikuttaisi siltä, että mallin taustalla olevia ajoneuvojen yksikköpäästöjä olisi tarpeen päivittää.
8. Oma arviomme eri ajoneuvoluokkien liikennesuoritteista perustuu kaikilta osin matkamittaritietojen pohjalta laskettuihin arvoihin (kuorma-autojen tavaraliikenteen osalta kertoimien kautta). Lopputuloksena syntyvä arvio öljytuotteiden kulukselta on uskottava ja seurannut myös niiden myynnin kehittymistä viimeisen viiden vuoden aikana.
9. Sähköajoneuvojen ja sähköisten työkoneiden tullessa markkinoille eri kokoluokissa siirtyy vaiheittain kasvava osa liikenne- ja työsuoritteista ja energiankäytöstä neste- ja kaasupolttoaineista sähköön. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osalta suo-

ritteita, energiankulutusta ja näihin liittyviä infrastruktuuriratkaisuja ja valintoja voidaan tarkastella mallinnuksen ja simuloinnin kautta, mutta kokonaiskuva erityisesti kuorma-autojen ja työkoneiden osalta on toistaiseksi hajanainen ja eri ratkaisuiden toteutuksesta, toimivuudesta ja kustannuksista puuttuu kokemuseräistä tietoa.

10. Kuljetussuoritteiden kertymien vaikutusta vaihtoehtoisten käyttövoimien toteutettavuuteen erityisesti sähkön osalta verrattuna dieseliin ja kaasuun analysoitiin seuraavissa alaluokissa: kaupunkialueiden hyötyajoneuvot, maakuntajakelu ja kaukoliikenne, maa-aineskuljetukset ja puutavarakuljetukset. Tilastojen pohjalta merkittävä osuus raskaan kaluston liikenne- ja kuljetussuoritteesta tapahtuu melko lyhyillä ajomatkoilla. Maa-aineskuljetuksiin käytettävien kuorma-autojen ajomatkat ovat keskimäärin lyhyimmät: noin 60% ajoista on pituudeltaan alle 50 kilometriä ja 80% alle 100 kilometriä. Puutavarakuljetusten ajomatkat keskittyvät keskipitkille välimatkoille: vain 24% ajoista on pituudeltaan alle 75 kilometriä mutta toisaalta 80% ajoista on pituudeltaan alle 200 kilometriä. Kaupunkijakelun, jätteenkeräyksen ja kunnossapidon kuorma-autojen ajomatkoista 40% ajoista on pituudeltaan yli 150 kilometriä mutta voivat sisältää välipysähdyksiä. Kaukoliikenteen keskimääräiset ajomatkat ovat joukon pisimmät: puolet ajomatkoista on pituudeltaan yli 300 kilometriä.
11. Kuljetusten liikenne- ja kuljetussuoritteiden jakaumia hyödynnettiin kokonaistaloudellisessa skenaariotyössä arvioitaessa potentiaalia eri käyttötapausten ja ajoneuvotyyppien sähköistykselle. Vaikutuksia tai reunaehtoja infrastruktuurin ratkaisuille tai vaihtoehtojen kustannustehokkaalle toteutukselle tie- ja väyläverkossa eri kuljetuslajeissa ja käyttötapauksissa, erityisesti huomioiden nousevat uudet käyttövoimat ja niiden toteutettavuus, ei ole analysoitu.
12. Taloustieteen teoria sekä empiiriset tutkimukset osoittavat, että kustannustehokain tapa edistää vähäpäästöisten ajoneuvojen ja vaihtoehtoisten käyttövoimien osuutta ajoneuvokannassa on korottaa ajamisen kustannuksia saastuttavampien käyttövoimien osalta. Polttoaineiden ja käyttövoimien verotuksen voimakas eriyttäminen päästöjen mukaan kannustaa sekä ajamaan vähemmän että hankkimaan ajoneuvoja, joilla on pienempi päästötaso tai vähäpäästöinen käyttövoima.
13. Ajamisen kustannusten korottaminen ei välttämättä ole poliittisesti toteutettavissa siinä laajuudessa, mitä vaadittavien päästövähennysten saavuttaminen edellyttäisi. Kustannustehokkuus on tärkeä kriteeri ohjauskeinojen valinnassa, mutta ilmastotoimilla on oltava myös riittävä hyväksyttävyyys. Ajamisen kustannusten voimakas korottaminen perustellusti nostaa esiin kysymyksen kustannusrasituksen kohdentumisesta. Hyväksyttävyyden ja oikeudenmukaisen siirtymän näkökulmasta saattaa olla perusteltua yhdistää eri ohjauskeinoja.

14. Etenkin raskaassa liikenteessä haasteena on vaihtoehtoisten käyttövoimien niukka tarjonta sekä esimerkiksi sähkön rajallinen soveltuvuus raskaan kaluston liikuttamiseen erityisesti lyhyellä tähtämellä. Vaihtoehtojen puuttuessa kysyntä ei voi siirtyä uusiin käyttövoimiin, vaikka käyttökustannuksia nostettaisiin saastuttavampien käyttövoimien osalta. On huomattava, että tämä ei kuitenkaan poista kustannusten luomaa kannustinta. Vaikka kuljetusyrietykset pystyisivätkin siirtämään kohonneet kustannukset eteenpäin hinnoittelussaan, ne pyrkivät kuitenkin minimoimaan omia kustannuksiaan. Jos korkeamman kustannuksen käyttövoimasta ei voida siirtyä pois, säilyy kannustin alentaa kustannuksia muilla keinoilla, esimerkiksi vaikuttamalla ajosuoritteeseen kuljetuksia tehostamalla. Toisaalta on hyvä muistaa, ettei Suomesta ole tietoa siitä, missä määrin kuljetusyrietykset pystyvät siirtämään kohonneita kustannuksia asiakkailleen.
15. Vaihtoehtoisten käyttövoimien, etenkin sähkön ja kaasun, osalta käytettävyyteen ja toteutettavuuteen vaikuttaa vielä voimakkaasti vaadittavan infrastruktuurin keskenäisyys sekä markkinatarjonnan rajallisuus. Tutkimusten perusteella tiedetään, että kehittyvän infrastruktuurin tukeminen on kustannustehokas tapa edistää uuden teknologian käyttöönottoa. Näin ollen kaasu- ja latausinfrastruktuurin tukeminen julkisin varoin on perusteltua, jos tuki kohdennetaan oikein niille hankkeille, jotka eivät markkinaehtoisesti toteutuisi. Kuljetusalan kannalta oleellista on, että osa tuesta kohdistuu nimenomaan raskaamman kaluston tarpeisiin sekä joukkoliikennevälineille.
16. Ajoneuvojen kokonaiskustannuksiin voidaan vaikuttaa myös omistamisen kustannusten kautta. Suomessa henkilöautojen autovero ja ajoneuvovero on jo voimakkaasti eriytetty käyttövoimien ja ominaispäästön mukaan ja nollapäästöisille autoille on lisäksi hankintatuki. Sen sijaan pakettiautojen ja kuorma-autojen ajoneuvovero ei erittele eri käyttövoimia, hankintatukea ei myöskään ole sähköisille ajoneuvoille käytössä. Linja-autoilla ja työkoneilla ei ole ajoneuvoveroa. Mikäli saastuttavampien käyttövoimien omistamisen kustannusta nostetaan, tämä luo kannustimen investoida puhtaampiin käyttövoimiin sekä myös luopua aiemmin korkeamman kustannuksen käyttövoimista.
17. Omistajan kokonaiskustannusten vertailussa diesel-kaasu on kaasuajoneuvojen pääomakulu hieman dieseliä korkeampi, mutta tämä kompensoituu puolestaan jonkin verran alemmaksi arvioiduilla polttoainekuluilla. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen kannattavuus verrattuna dieseliin paranee hieman suoritteiden kasvaessa.
  - a. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen osalta kaasutankkausinfra ja toisaalta ajoneuvojen saatavuus voi ratkaista valinnan. Kaasutankkausinfra on parhaillaan laajenemassa ja tämä voi houkuttaa uusia liikennöitsijöitä kaasukäyttöisiin ajoneuvoihin.

- b. Kaasuajoneuvot voivat tarjota nopeastikin vaihtoehdon biopolttoaineiden käyttöönottoon siten laajentaen markkinatarjontaa ja kilpailua.
  - c. Tällä hetkellä on voimassa kaasuajoneuvojen hankintatuki, myös kaasutankkausinfrastruktuurin rakentamiseen on jo kohdennettu tukea. Markkinan reagointia näihin ohjaukeinoihin kannattaa seurata, informaatio-ohjauksella voi olla mahdollisesti hyvä vaste.
18. Sähköisten ajoneuvojen hankintakustannus on selvästi polttomoottorikäyttöisiä suurempi. Toisaalta sekä akkujen että sähköisen voimalinjan hintojen ennustetaan laskevan voimakkaasti seuraavan vuosikymmenen aikana tuotannon laajentuessa ja skaalaetujen tullessa esiin. Vastaavasti sähköisten ajoneuvojen käyttökustannus ja energiakustannus on selvästi kaasu- ja dieselajoneuvoja alempi. Käyttöönoton rajoitteeksi suurilla suoritteilla tulee akkukapasiteetin ja yhden latauksen ajomatkan rajallisuus.
- a. Raskaan liikenteen sähköistys näyttöytyy omistajan kokonaiskustannuksilta kilpailukykyisenä parhaissa käyttötapauksissa jo nyt. Kaikissa käyttötapauksissa voidaan nähdä suhteellisen kilpailukyvyyn paranevan merkittävästi tulevan kymmenen vuoden aikana.
  - b. Sähköajoneuvojen kulutus on arvioitu simuloimalla perustuen peruskuvauksiin raskaan kaluston voimalinjoista ja sisältäen oletuksia mm. välityksistä, hyötysuhteista, aerodynamiikasta ja muista ajovastuksista. Kulutuksella on merkittävä vaikutus tuloksiin. Kokemusperäistä tietoa tuottavilla validointimittauksilla ja käyttöön liittyvällä datalla olisi käyttöä jatkotutkimuksessa.
  - c. Päivittäisen ajosuoritteiden kasvaessa ja myös ajoneuvon keskimääräisen yhden ajotehtävän pituuden kasvaessa akuston suunnittelumitoitus ja toisaalta operoinnin riippuvuus käytönaikaisesta pikalatauksesta kasvaa. Erittäin suuri akusto vie sekä tilaa että lisää ajoneuvon painoa (voi vähentää hyötykuormaa).
  - d. Riippuvuus pikalatauksesta ja siirtyminen operaattorin itse hallitsemista varikolla tms sijaitsevista latauspisteistä väylien tai kaupunkialueiden palveluilla tai muilla puolijulkisilla palvelumalleilla tuotettujen pikalatausinfrojen käyttäjiksi nostaa todennäköisesti ajoneuvon operaattorin näkemää sähköhön hintaa (pikalataussähköhön hinnalle on analyysissä käytetty kerrointa 1,5). Tämä voi heikentää sähköisen operoinnin kilpailukykyä mutta

vaikutus riippuu samalla siitä, minkälaiseksi käytönaikaisen ja väylien var-  
silla tehtävän latauksen liiketoimintamallit muodostuvat.

- e. Työssä ei ole arvioitu latausinfrastruktuurin, erityisesti väylä-, solmupiste- ja kaupunki- tai teollisten ympäristöjen latauskenttien toteutettavuutta sähköistä operointia tukemaan muuten kuin empiirisellä yksinkertaisella voimalinjan mitoittamiseen vaikuttavalla kertoimella 'latauksen toteutettavuus'. Latauksen toteutettavuus ja sähköisen kaluston operoitavuus kaupallisessa liikenteessä voi osoittautua ratkaisevaksi tekijäksi sähköisen kaluston laajemmassa käyttöönotossa. Tämän tekijän tarkempi konkretisoiminen analyysissä vaatisi lisätyötä.
- f. Raskaiden nollapäästöajoneuvojen hankintatuella voidaan saada nopeasti aktivoitua markkinaa liikkeelle kompensoimalla sähköajoneuvon hankinnan lisäkustannusta, erityisesti niissä käyttötapauksissa, joissa kustannuspariteetti on jo nyt lähimpänä tai saavutettu. Suora raskaiden sähköajoneuvojen hankintatuki on siten perusteltavissa markkinaa avaavaa toimenä täydentämään latausinfrastruktuurille jo myönnettävää tukea, sekä sähköajoneuvojen saattamiseksi samalle viivalle kaasujoneuvojen kanssa.
- g. Dieselin ja kaasun biokomponenttien hintaan vaikuttavan skenaarion (C) mukaan tällä voi olla merkittävä vaikutus käyttövoimien suhteelliseen kilpailukykyyn dieselin ja kaasun hinnan kallistuessa esimerkiksi markkinahintojen ja biokomponenttien hintojen muutosten (nousun) tai erilaisten dieselin ja kaasun hintaan vaikuttavien politiikkatoimien seurauksena. HVO:n ja biokaasun tuotannon skaalautuvuuteen, markkinakysyntään ja hinnanmuodostukseen liittyy epävarmuuksia.
- h. On mahdollista, että käyttövoimaan liittyville CO<sub>2</sub>-päästöille asetetaan tulevaisuudessa nykyistä polttoaineveromallia korkeampi hinta esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden myyntilupajärjestelmän tai päästöperusteisten alue- tai tietullien tai väylämaksujen avulla. Myös muille liikenteeseen ja kuljetuksiin liittyville ulkoisille kustannuksille, kuten ajoneuvojen aiheuttama melu, voidaan tulevaisuudessa asettaa hinta. Uudet ohjaukeinot voivat vaikuttaa käyttövoimien keskinäiseen kilpailukykyyn. Näitä ulkoisia kustannuksia hinnoittelevia tai muita ohjaukeinoja ei ole TCO-työssä analysoitu.
- i. Sähköistyksen infrastruktuurin kustannustehokkaista ja kaluston käyttöä parhaiten tukevista väylä- ja runkoratkaisuista tai latauskentistä sekä vedyn saatavuudesta ja hinnasta liikenneverkon ja ajoneuvo-operaattorien



saataville ei ole tehty vielä riittävästi tutkimusta tai saatu kokemuksia, jotta niiden toteutettavuutta, kannattavuutta tai suhteellista kilpailukykyä voitaisiin luotettavasti arvioida. Erityisesti raskaan sähköisen liikenteen tarpeita palvelevien ajoneuvo- ja infraratkaisuiden rooli on keskeinen.

- j. Avainteknologioiden kuten akut, latausratkaisut, vety standardointi ja säädöskehikko ei raskaan kaluston ja työkoneiden alueella ole nykyisellään riittävän kehittyntä, jotta se voisi tarjota luotettavat ja ristiin operoitavat ajoneuvo- ja infraratkaisut. Tältä osin teknis-taloudellisessa arviossa näitä ei voida tällä hetkellä ottaa huomioon muuten kuin yleisinä ennusteina hinnasta ja ratkaisuiden saatavuudesta. Tilanne voi tulevan vuosikymmenen aikana muuttua ratkaisevasti.
  - k. Työkoneiden kenttä käyttötapausten moninaisuuden ja erilaisten työkone-tyyppien ja syklien osalta on toistaiseksi jäsentymätön. Puutteellinen regulaatio hidastaa selkeästi vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymistä. Sädöskehikon rakentumisen vaikutuksia uusien käyttövoimien yleistymiseen ei analysoitu. Käyttö- ja tilastotietojen puutteellisuus ei toistaiseksi mahdollistanut laajempaa TCO-tarkastelua työkoneille.
  - l. Sähköpolttoaineiden (e-metaani, e-diesel) ja osin myös vedyn tulosta markkinoille, saatavuudesta ja hinnoista ei ole riittävästi tietoa niiden arvioimiseksi.
  - m. Mikäli useat teknologia- ja markkinatekijät toteutuvat yhtä aikaa ja mahdollisesti toisiaan vahvistaen, voi tulevan vuosikymmenen aikana tapahtua merkittävä käänne raskaan liikenteen sähköistymisen ja nollapäästöisyyden suuntaan markkinalähtöisesti. Tämä edellyttää myös ajoneuvovalmistajien markkinoille tuomaa kalustoa saatavilla toimivassa markkinassa kilpailukykyiseen hintaan. Epävarmuuksia on kuitenkin monia ja useat niistä vaativat seurantaa ja jatkoselvitystä.
19. Ajoneuvokannan koostumuksen kehitystä ohjaa usea tärkeä tekijä, kuten kokonaiskustannukset, infran riittävyys ja tiedon saatavuus. Mikään näistä tekijöistä ei kuitenkaan yksin takaa hyvää kehitystä. Maltilliset ja optimistiset kokonaiskustannusten kehitykset voivat johtaa jopa limittäisiin lopputulemiin, riippuen mitä muista kriittisistä tekijöistä oletetaan.
20. Työkoneet ja kuorma-autot sähköistyivät melkein kaikissa skenaarioissa selvästi muita ajoneuvoluokkia vähemmän. Henkilöautojen täyssähköisuus taas kasvoi helpoiten.

21. Optimistisimmassa skenaariossa, jonka muutosajurit ovat kuitenkin suurelta osin ohjauskeinojen piirissä, yritysten omistamien ajoneuvojen täyssähköosuudet vuonna 2035 olivat seuraavat: henkilöautot 65%, pakettiautot 49%, linja-autot 47%, kuorma-autot 33%, ja työkoneet 29%. Kaasuajoneuvoja on tässä tapauksessa hyvin vähän henkilöautokannassa, ja eniten työkoneiden kannassa (enimmillään 18%). Hybridejä on tässä tapauksessa noin 11% henkilöauto- ja työkonekannassa, ja varsin vähän muiden luokkien kannassa. Suurin päästövähennys oli 48%.

Työryhmä näkee yritysten hankkimien ajoneuvojen roolin liikenteen ilmastopolitiikassa merkittävänä. Kun katsotaan liikennesektorin energiankäytön ja päästöjen kokonaisuutta, tämä korostuu erityisesti raskaan kaluston kaupallisesti operoivassa linja- ja kuorma-autoliikenteessä ja kuljetuksissa. Yritysten hankkimien ajoneuvojen ja työkoneiden kenttä on laaja ja myös hajanainen. Sähkön ja kaasun osalta eri käyttötapaukset ja ajoneuvotyypit ovat teknologian, markkinan ja näitä tukevien palvelu- ja liiketoimintamallien sekä ylipäätään tunnettuuden ja käyttönotettavuuden osalta hyvin eri vaiheissa. Näin ollen, fossiilittomuuden edistämiseksi ja muutoksen käynnistämiseksi kaikki toimenpiteet ja ohjauskeinot on syytä ottaa käyttöön biokaasun ja sähkön tuomiseksi todelliseksi vaihtoehdoksi. Työssä on tunnistettu useita käyttötapauksia joissa vaihtoehtoiset käyttövoimat voivat yleistyä jo lähivuosina. Uusien ratkaisujen kuten raskaan kaluston sähköistyksen osalta tarvitaan kokemusperäistä ja tutkittua tietoa, kokeiluja ja pilottihankkeita. Näiden pohjalta voidaan edetä kasvavassa määrin markkinaehtoiseen muutokseen.

Yleisesti voidaan hankkeen tulosten pohjalta tehdä seuraavia suosituksia toimenpiteiksi:

- jo tehtyjen ohjaustoimien vaikuttavuuden seuranta ja hienosäätö tarvittaessa (esim. vaihtoehtoisten käyttövoimien infrastruktuurin tuet mukaan lukien raskas liikenne, leasingautojen verotusarvo)
- kokeilu- ja pilottihankkeiden edistäminen ja laajentaminen kokemusperäisen tiedon keräämiseksi erityisesti käyttötapauksissa ja alueilla, joissa muutos on vasta aluillaan (esim. kaupunkijakelu ja logistiikka, teollisuuden kuljetukset)
- säädöskehikon kehittäminen erityisesti alueilla, joissa se on tällä hetkellä kehittymätön tai vähemmän jäsentynyt (esim. työkonesektorin)
- tutkimustiedon kartuttaminen Suomen väylien ja tieverkon strategisten, skaalautuvien ja mahdollisimman monikäyttöisten infraratkaisuiden vaihtoehtoista erityisesti nollapäästöisiä ajoneuvoja ja biokaasua ajatellen

- markkinaa käynnistävien mutta vaiheittain poistuvien pääomakuluihin kohdistuvien ohjauskeinojen käyttöönotto nollapäästöisille ajoneuvoille sinne missä niitä ei vielä ole (esim. raskas kalusto, työkoneet)
- vaikuttaminen muuttuvien kustannusten rakenteeseen vaiheittain kiristystä päästöpohjaisella progressiolla (esim. polttoainekustannus, päästöperusteiset maksut)

## Liitteet

### 8.1 Tilastollinen analyysi

#### Keskimääräiset vuotuiset ajosuoritteet

**Taulukko 64.** Ajoneuvojen eri käyttöluokkien keskimääräiset vuotuiset ajomäärät vuosina 2015 – 2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Henkilöautot</b>						
Taksit	65 593	67 281	65 160	59 999	56 601	54 949
Yritysten / kaupunkien omistamat (työajo)	17 304	17 441	17 418	17 543	17 032	16 588
Vuokra-autot	16 318	16 369	16 297	15 680	14 537	14 007
Yksityisleasing	17 980	18 295	18 074	17 941	17 097	16 291
Yksityisautot	12 685	12 724	12 568	12 634	12 120	11 608
Yritysleasing	20 347	20 116	19 544	19 480	18 790	19 040
<b>Pakettiautot</b>						
Kaupunkijakelu	18 217	19 191	19 103	19 141	17 357	17 869
Rahti	19 926	20 653	20 261	21 299	19 979	21 489
Huolto- ym, työajo	15 297	15 330	15 047	15 306	14 194	14 070
Vuokra-autot	19 982	19 977	18 747	20 077	17 200	17 963
<b>Kuorma-autot</b>						
Jätteenkeräys	29 492	28 892	27 669	28 901	30 035	33 199
Kaukoliikenne	82 477	79 153	76 336	74 928	71 627	72 526
Kaupunkijakelu	19 403	18 122	17 173	16 510	16 357	17 153
Kunnossapito	22 225	21 256	22 322	22 805	22 912	24 311
Maa-ainekuljetukset	33 008	33 812	32 718	32 385	32 617	36 031

Maakuntajakelu	69 598	67 610	66 554	66 165	65 818	67 333
Puutavarakuljetukset	116 852	110 166	110 085	113 480	106 877	105 962
<b>Linja-autot</b>						
Kaupunkiliikenne	64 557	64 998	64 824	64 762	61 179	64 081
Reittiliikenne	52 725	52 054	52 238	54 744	52 019	49 855
Syöttöliikenne	34 736	34 616	34 983	36 452	35 651	38 270
Tilausliikenne	36 912	36 911	35 817	37 105	35 338	34 487
Yksityiset linja-autot (ei lupaa)	15 712	15 691	15 464	14 455	13 705	13 016

### Keskimääräiset polttoaineen kulutukset

Alla olevissa taulukoissa on mukana kaikki Liikenne- ja viestintäviraston Traficom:n ajoneuvorekisterin henkilö- ja pakettiautot, myös jo liikenteestä poistuneet autot.

**Taulukko 65.** Henkilöautojen keskimääräiset kulutustiedot ajoneuvoluokittain ja käyttövoimittain, koko rekisteriaineisto.

Luokka	Käyttövoima	Lkm	% luokan autoista	Kulutus
<b>Taksit</b>	Bensiini	1 912	6 %	7,5
	sähköhybridi	1 447	4 %	5,5
	Dieselöljy	28 784	89 %	7,5
	sähköhybridi	137	0 %	5,9
	CNG	183	1 %	7,8
<b>Yritysten/kaupunkien omistamat</b>	Bensiini	755 580	57 %	7,6
	sähköhybridi	63 517	5 %	5,1
	Dieselöljy	489 385	37 %	7,2
	sähköhybridi	3 794	0 %	3,6
	Sähkö	121	0 %	0,8
	Etanoli	2 108	0 %	9,4

<b>Vuokra-autot</b>	Bensiini	36 017	75 %	6,6
	sähköhybridi	3 460	7 %	5,7
	Dieselöljy	8 284	17 %	6,9
	sähköhybridi	62	0 %	3,6
	CNG	25	0 %	6,7
	Etanoli	54	0 %	8,4
<b>Yksityisleasing</b>	Bensiini	70 391	57 %	7,6
	sähköhybridi	4 662	4 %	5,6
	Dieselöljy	46 621	38 %	7,1
	sähköhybridi	200	0 %	4,5
	CNG	373	0 %	6,1
	Etanoli	278	0 %	9,4
<b>Yksityisautot</b>	Bensiini	1 493 445	68 %	8,1
	sähköhybridi	46 739	2 %	5,4
	Dieselöljy	651 797	30 %	6,6
	sähköhybridi	2 207	0 %	3,6
	Sähkö	111	0 %	1,7
	CNG	5 606	0 %	7,1
	Etanoli	3 030	0 %	9,2
<b>Yrityisleasing</b>	Bensiini	15 720	33 %	6,9
	sähköhybridi	4 156	9 %	4,6
	Dieselöljy	27 327	57 %	6,9
	sähköhybridi	284	1 %	4,0
	CNG	565	1 %	7,3
	Etanoli	123	0 %	9,2

Lukumäärä kertoo, kuinka monesta luokan ajoneuvosta on kulutustieto. Kulutustiedot puuttuvat osasta erityisesti vanhempia ajoneuvoa. Sähköhybridien lukumäärä osoittaa, kuinka monta kyseisen käyttövoiman ajoneuvoa on sähköhybrideinä. Esimerkiksi bensiinikäyttöisistä takseista kulutus- tai päästötieto on 3 359 autosta, joista 1 912 on "normaaleja" ajoneuvoja ja 1 447 sähköhybridejä. Listalla on esitetty käyttövoimat, joista on ollut vähintään kymmenen havaintoa.

**Taulukko 66.** Pakettiautojen keskimääräiset kulutustiedot ajoneuvoluokittain ja käyttövoimittain, koko rekisteriaineisto.

Luokka	Käyttövoima	Lkm	% luokan autoista	Kulutus
<b>Kaupunkijakelu</b>	Bensiini	358	2 %	9,1
	sähköhybridi	31	0 %	4,5
	Dieselöljy	16 272	97 %	8,8
	CNG	37	0 %	7,8
<b>Rahti</b>	Bensiini	67	1 %	10,2
	Dieselöljy	6 423	99 %	9,0
	CNG	21	0 %	10,0
<b>Huolto- ym työajo</b>	Bensiini	2 965	1 %	8,9
	sähköhybridi	151	0 %	5,3
	Dieselöljy	216 265	98 %	8,2
	sähköhybridi	84	0 %	3,5
	CNG	768	0 %	9,0
<b>Vuokra-autot</b>	Bensiini	12	0 %	8,2
	Dieselöljy	6 630	100 %	9,3

Lukumäärä kertoo, kuinka monesta luokan ajoneuvosta on kulutustieto. Kulutustiedot puuttuvat osasta erityisesti vanhempia ajoneuvoja. Sähköhybridien lukumäärä osoittaa, kuinka monta kyseisen käyttövoiman ajoneuvoa on sähköhybrideinä. Esimerkiksi bensiinikäyttöisistä kaupunkijakelun autoista kulutustieto on 389 autosta, joista 358 on ”normaaleja” ajoneuvoja ja 31 sähköhybridejä. Listalla on esitetty käyttövoimat, joista on ollut vähintään kymmenen havaintoa.

**Taulukko 67.** Linja-autojen keskimääräinen energiankulutus ajoneuvoluokittain vuosina 2015 – 2020, megajoulea/km.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Kaupunkiliikenne</b>	14,5	14,6	14,7	14,7	14,7	14,9
<b>Reittiliikenne</b>	10,3	10,5	10,6	10,6	10,6	10,7
<b>Syöttöliikenne</b>	9,0	9,1	9,1	9,1	9,2	9,2
<b>Tilausliikenne</b>	9,4	9,4	9,4	9,7	9,7	9,7
<b>Yksityiset linja-autot (ei lupaa)</b>	7,8	7,9	8,2	8,3	8,5	8,3
	11,9	12,0	12,1	12,2	12,2	12,5

## Keskimääräiset CO<sub>2</sub>-päästöt

**Taulukko 68.** Ajoneuvojen eri käyttöluokkien keskimääräiset vuotuiset CO<sub>2</sub>-päästöt vuosina 2015 – 2020, 1000 tonnia.

	2 015	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020
Taksit	129	127	117	117	113	104
Yritysten/kaupunkien omistamat (työajo)	1 127	1 266	1 266	1 276	1 223	1 110
Vuokra-autot	37	39	43	45	45	52
Yksityisleasing	194	197	193	186	154	153
Yksityisautot	4 535	4 547	4 512	4 451	4 257	4 002
Yritysleasing	54	53	53	49	51	54
	6 076	6 229	6 185	6 124	5 843	5 475
Kaupunkijakelu	43	48	49	53	53	64
Rahti	23	25	26	29	28	36
Huolto- ym. työajo	997	1 010	1 016	1 029	921	943
Vuokra-autot	12	13	14	17	13	14
	1 075	1 096	1 105	1 127	1 015	1 057



Jätteenkeräys	19	18	17	16	16	19
Kaukoliikenne	900	902	896	920	848	786
Kaupunkijakelu	607	555	508	473	443	431
Kunnossapito	31	29	30	32	31	25
Maa-aineskuljetukset	299	318	313	308	301	315
Maakuntajakelu	357	371	392	395	374	353
Puutavarakuljetukset	224	201	201	201	172	141
	2 435	2 394	2 357	2 344	2 186	2 070
Kaupunkiliikenne	237	243	252	233	230	228
Reittiliikenne	105	106	104	96	88	81
Syöttöliikenne	5	7	7	7	7	7
Tilausliikenne	71	74	76	74	71	70
Yksityiset linja-autot (ei lupaa)	11	11	11	10	10	10
	430	441	450	420	407	396
NRMM	484	496	497	508	507	494
Maatalouskone	529	550	567	575	586	594
Kaupunkityökone	668	660	658	676	697	701
	1 680	1 706	1 722	1 760	1 790	1 789

## Kuorma-autojen päästökertoimien laskenta eri kokoisille ajoneuvoille ja osakuormille

LIPASTOn kuorma-autojen yksikköpäästötaulukoissa on päästökertoimet vain joillekin ajoneuvotyypeille ja kokoluokille tyhjänä ja täyteen lastattuna. Muunsimme päästökertoimet muun kokoisille ajoneuvoille ja osakuormille alla esitetyllä tavalla.

### Muut kuin taulukoissa esitetyt auton kokoluokat

Yksikköpäästötaulukoissa on vain joitakin kuorma-autotyyppisiä ja kokoluokkia. Koska tavara-autojen päästöt ovat riittävällä tarkkuudella riippuvaiset auton massasta, voidaan päästöjen likiarvot ajoneuvokilometriä kohden laskea myös muun kokoisten kuin taulukossa olevien autojen päästöille oheisella kaavalla. Valitaan kaksi autotyyppiä,

joiden kokonaismassat  $m_b$  ja  $m_a$  ovat molemmin puolin tavoiteltavaa auton kokoluokkaa  $m_x$  ( $m_b > m_x > m_a$ ) ja lasketaan päästöt lineaarisella suhteella:

$$e_x = e_a + ((e_b - e_a) / (m_b - m_a)) \times (m_x - m_a) ,$$

jossa

$e_x$  = Päästö ajoneuvokilometriä kohden autolla, jonka kokonaismassa on  $x$  [g/km]

$e_b$  = Päästö autolla, jonka kokonaismassa on  $b$  [g/km]

$e_a$  = Päästö autolla, jonka kokonaismassa on  $a$  [g/km]

$m_x$  = Auton  $x$  kokonaismassa [t]

$m_b$  = Auton  $b$  kokonaismassa [t]

$m_a$  = Auton  $a$  kokonaismassa [t]

Yksikköpäästökertoimet eri osakuormille

LIPASTOn valmiit yksikköpäästökerrointaulukot sisältävät päästökertoimet tyhjille ja täysille ajoneuvoille. Huomioimme ajoneuvoluokalle arvioimamme todellisen kuorman määrän, ja määritimme näille osakuormille yksikköpäästökertoimen [g/tkm] oheisella kaavalla, joka perustuu siihen, että päästö määrä on riittäväällä tarkkuudella lineaarisesti riippuvainen auton ja sen kuorman massasta.

$$e_x = (e_a + ((e_b - e_a) / l_c \times l_x)) / l_x ,$$

jossa

$e_x$  = Päästö tonnikilometriä kohden kuormalla  $x$  [g/tkm]

$e_b$  = Täyden auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

$e_a$  = Tyhjän auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]

$l_c$  = Auton kantavuus [t]

$l_x$  = Kuorma  $x$  [t]

## 8.2 TCO-analyysin lähtötietoja

**Taulukko 69.** TCO-skenaarioanalyysin tärkeimmät lähtötiedot ja parametrit. Kulutuslukemat on arvioitu puolella kuormalla

Muuttuja	Kuorma- autot 15t	Linja- autot	Rekat puolip.	Rekat 60t	Rekat 76 t	Maa- aines
Ajoneuvon rungon ja päällirakenteen hinta (€)	223413	84600	143000	237000	361000	178100
Akuston koko kWh (lähtötila)	lasketaan käyttötapauksen perusteella					
Polttokenno kW	120	100	120	180	180	180
Varikkolaturin teho kW	Akuston koko (kWh) / 4h (akku ladattavissa varikolla 4 tunnissa)					
Pikalaturin teho kW	Akuston koko (kWh) / 0,5h (akku ladattavissa puolessa tunnissa)					
Kulutus diesel l/100 km maantie	17.2	25.3	31.6	41.6	48.6	27.3
Kulutus diesel l/100 km kaupunki	24.1	41.9	55.4	72.3	83.0	46.7
Kulutus diesel l/100 km yhdistelmä	22.0	42.6	31.6	41.6	48.6	37.0
Kulutus kaasu kg/100 km maantie	15.3	22.5	28.1	37.0	43.2	24.3
Kulutus kaasu kg/100 km kaupunki	21.4	37.3	49.3	64.4	73.9	41.6
Kulutus kaasu kg/100 km yhdistelmä	19.6	37.9	28.1	37.0	43.2	32.9
Kulutus sähkö kWh/km maantie	0.95	1.42	1.49	1.84	2.11	1.24
Kulutus sähkö kWh/km kaupunki	0.97	1.39	2.23	2.94	3.49	1.75
Kulutus sähkö kWh/km yhdistelmä	0.97	1.37	1.76	2.23	2.59	1.4
Huolto ja ylläpito diesel €/km	0.103	0.051	0.063	0.094	0.094	0.063
Huolto ja ylläpito kaasu €/km	0.091	0.045	0.058	0.088	0.088	0.058
Huolto ja ylläpito sähkö €/km	0.034	0.017	0.033	0.049	0.049	0.033
Huolto ja ylläpito polttokenno €/km	0.068	0.034	0.066	0.099	0.099	0.066

**Taulukko 70.** TCO-skenaarioanalyysin eri voimalinjoiden hinnat (CAPEX). Kaasumoottorivoimalinjalle on käytetty dieselin hinta +10% sekä 350 bar vetytankin hintaa.

Vuosi	Rekka puolip. 330 kW (60t +10%, 76t +21%)			Kuorma-auto 4-aks 270 kW			Kuorma-auto 3-aks 220 kW		
	diesel	sähkö	H2 tank 350 bar	diesel	sähkö	H2 tank 350 bar	diesel	sähkö	H2 tank 350 bar
1	22750	50714	45160	18475	46870	27383	16588	43667	16068
2	22750	46277	43491	18475	42694	26366	16588	39708	15481
3	23375	41839	41821	18988	38517	25350	17044	35750	14895
4	24000	37401	40152	19500	34341	24333	17500	31791	14308
5	24625	32963	38483	20013	30165	23317	17956	27833	13722
6	25250	28526	36814	20525	25989	22300	18413	23874	13135
7	25875	24088	35144	21038	21812	21284	18869	19916	12549
8	26500	19650	33475	21550	17636	20267	19325	15957	11962
9	26500	17142	32133	21550	15314	19469	19325	13790	11482
10	26500	14633	30791	21550	12991	18672	19325	11622	11003
11	26500	12125	29449	21550	10669	17874	19325	9455	10523
12	26500	12125	29449	21550	10669	17874	19325	9455	10523
13	26500	12125	29449	21550	10669	17874	19325	9455	10523
14	26500	12125	29449	21550	10669	17874	19325	9455	10523
15	26500	12125	29449	21550	10669	17874	19325	9455	10523

**Taulukko 71.** TCO-skenaarioanalyysin eri käyttövoimien hinnat, polttonennojen ja akkujen hinnat akun energiatihedyyden muutokset (OPEX, CAPEX), perustapaus (HVO ja bio-kaasu vuotuinen nousu 1%).

Vuosi	Akusto €/kWh	Akku energia- tiheys	Lataus- laite €/kW	Poltto- kenno €/kW	Sekoi- teve- lvoite	Dies el €/l	HVO €/l	Maa- kaasu €/kg	Bio- kaasu €/kg	H2 €/kg
1	300	1.000	500	500	0.2	1.27	1.48	1.40	1.50	8.0
2	269	1.036	498	477	0.21	1.27	1.50	1.40	1.52	7.8
3	239	1.072	495	453	0.22	1.28	1.51	1.41	1.53	7.7
4	208	1.109	493	430	0.23	1.28	1.53	1.41	1.55	7.5
5	196	1.145	490	407	0.24	1.28	1.54	1.41	1.56	7.4
6	185	1.181	488	384	0.25	1.28	1.56	1.41	1.58	7.2
7	173	1.217	485	360	0.26	1.29	1.57	1.42	1.59	7.1
8	161	1.254	483	337	0.27	1.29	1.59	1.42	1.61	6.9
9	160	1.325	480	318	0.28	1.29	1.60	1.42	1.62	6.8
10	158	1.396	478	299	0.29	1.29	1.62	1.43	1.64	6.7
11	157	1.468	476	280	0.3	1.30	1.64	1.43	1.66	6.5
12	157	1.539	473	280	0.31	1.30	1.65	1.43	1.67	6.4
13	157	1.610	471	280	0.32	1.30	1.67	1.43	1.69	6.3
14	157	1.682	468	280	0.33	1.30	1.69	1.44	1.71	6.2
15	157	1.682	466	280	0.34	1.31	1.70	1.44	1.72	6.0

## 8.3 Simulaatiomallin parametrit

### 8.3.1 Ajoneuvokanta

#### Yritysjoneuvokanta alussa

Pienilukuisia käyttövoimia on pyöristetty nolnaan.

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hiso	2200	11 000	0	155 000	95 000
Hpieni	2200	11 000	0	155 000	95 000
Pkt	0	0	0	0	335 804
lkaupsyöt	0	0	0	0	4 297
lreittill	0	0	0	0	6 009
kmaai	0	0	0	0	6 176
kpuuk	0	0	0	0	1 605
kkauhyö	0	0	0	0	65, 63
kmjkau	0	0	0	0	19 715
tNRMM	0	0	0	0	10 231
tkaup	0	0	0	0	71 655
tmaat	0	0	0	0	400 593

**Ajoneuvojen pitoaika (vuotta)**

	Kyselystä	Min	Max
Hiso	4	3	5
Hpieni	4	3	5
Pkt	8	7	15
lkaupsyöt	8	7	15
Ireittill	8	7	15
kmaai	9	8	15
kpuuk	9	8	15
kkauhyö	9	8	15
kmkjkau	9	8	15
tNRMM	8	7	9
tkaup	8	7	9
tmaat	8	7	9

**8.3.2 Tekniikka**

Osuus luokasta, joka teknisesti vaikea sähköistää %

	2021	Pessimistinen kehitys 2030	Optimistinen kehitys 2030
Hlö pieni	0	0	0
Hlö iso	0	0	0
Pkt	30	30	10
lkaupsyöt	20	20	10
Ireittill	80	70	40
kmaai	60	60	30
kpuuk	70	70	40
kkauhyö	20	20	10
kmkjkau	70	60	40
tNRMM	40	40	20
tkaup	50	50	25
tmaat	60	50	40

**Polttoaineen kulutus, l tai kg /100km (työkoneet l / h), 2021**

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hlö pieni	0	3	2	6.2	4.8
Hlö iso	0	3.9	2.5	7.8	6.1
Pkt	0	5.7	7	7.2	9.8
lkaupsyöt	0	15	37	31	41
lreititill	0	15	37	31	42
kmaai	0	23.5	41	36	46
kpuuk	0	23.5	43	36	48
kkauhyö	0	23.5	21	36	24
kmjkkau	0	23.5	28	36	31
tNRMM	0	0	30	0	30
tkaup	0	0	24	0	24
tmaat	0	0	24	0	24

**Sähkön kulutus, kWh/100km (työkoneet kW/h), 2021**

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hlö pieni	18	6.5	0	0	0
Hlö iso	23	8.3	0	0	0
Pkt	20	16	0	0	0
lkaupsyöt	139	46	0	0	0
lreititill	142	46	0	0	0
kmaai	143	37	0	0	0
kpuuk	345	37	0	0	0
kkauhyö	100	37	0	0	0
kmjkkau	249	37	0	0	0
tNRMM	100	0	0	0	0
tkaup	85	0	0	0	0
tmaat	85	0	0	0	0



**Kulutuksen kehitys: 2030 suhteessa 2021**

	<b>Pessimistinen</b>	<b>Optimistinen</b>
Hlö	ei muutosta	-12%
Pkt	ei muutosta	-11%
Bussi	ei muutosta	-8%
Kuorma	ei muutosta	-8%
Työk	ei muutosta	-20%

**8.3.3 Käyttäytyminen****Ajosuorite (km/v, työkoneet: käyttötuntia/v), käyttösuorite**

	<b>Alussa 2020</b>	<b>Optimistinen 2030</b>	<b>Pessimistinen 2030</b>
Hlö pieni	14800	ei muutosta	+8%
Hlö iso	14800	ei muutosta	+8%
Pkt	17900	ei muutosta	+8%
lkaupsyöt	58623	ei muutosta	+6%
Ireittill	38688	ei muutosta	+6%
kmaai	36031	ei muutosta	+13%
kpuuk	105962	ei muutosta	+13%
kkauhyö	17560	ei muutosta	+13%
kmkjkau	70587	ei muutosta	+13%
tNRMM	400	ei muutosta	ei muutosta
tkaup	500	ei muutosta	ei muutosta
tmaat	100	ei muutosta	ei muutosta

### Latauspisteiden määrän kasvu

Kerroin määrittää, missä suhteessa sen hetken sähköautokantaan latauspisteitä rakennetaan. Pisteiden rakentaminen kestää vuoden rakennuspäätöksestä.

	Hidas	Nopea, ennakoiva
Latauspistekerroin	0.4	1.2
kaasutankkauskerroin	0.4	1

### Tiedon saatavuus

Tiedon saatavuus eri käyttövoimista luokan sisällä vaikuttaa siihen, kuinka ajantasainen tieto kustannustekijöiden tilasta välittyy päätöksentekoon (esim. sähköautojen hinnat laskeva + vanhaa tietoa sähköautojen kustannuksista -> matalampi kysyntä kuin täydellisellä tiedolla). Tietoa on saatavilla "luonnostaan" (kuulopuhe) samassa suhteessa kuin on käyttövoiman markkinaosuus. Ts. tiedon saatavuus hillitsee harvinaisten käyttövoimien kasvua ja kiihdyttää suosittujen kasvua. Informaatiokampanjoilla kurotaan umpeen tiedon vajetta.

1=käyttövoimasta on täysin ajantasainen TCO-tieto saatavilla, vaikka sillä ei vielä olisi paljon markkinaosuutta.

	Pessimistinen	Optimistinen
Informaatiokampanja	0.5	1

### Pullonkaulan variointi

Mallissa esimerkiksi infran riittävyys määritetään murtolukuna (saatavuus / tarve). Tähän murtolukuun sovelletaan eksponenttia, jolla tuotetaan varsinainen pullonkaulavaikeus: (saatavuus / tarve) ^eksponentti. Eksponentti 1 tarkoittaa, että hankintoja rajoitetaan samassa suhteessa kuin infra on vajaata. Pienempi eksponentti tarkoittaa, että infran vaje vaikuttaa ostopäätöksiin vähemmän (esim.  $0.8^{0.5} = 0.894$ ).

	Min	Max
Pullonkaulan eksponentti	0.5	1

### 8.3.4 TCO-skenaariot simulaatiomallissa

TCO-skemaariot on määritetty osuuksina ajoneuvoluokan käyttäjistä, joille käyttövoima on kokonaiskustannuksiltaan paras 2030.

#### TCO 0: lähtötilanne vuoden 2021 arvioidut tasot

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hiso	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
Hpieni	0.2	0.2	0.1	0.4	0.1
Pkt	0.2	0.1	0.1	0.0	0.6
lkaupsyöt	0.3	0.1	0.1	0.0	0.5
lreittill	0.1	0.0	0.2	0.0	0.7
kmaai	0.1	0.0	0.1	0.0	0.8
kpuuk	0.1	0.0	0.1	0.0	0.8
kkauhyö	0.1	0.1	0.2	0.0	0.6
kmkjkau	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7
tNRMM	0.1	0.0	0.2	0.0	0.7
tkaup	0.1	0.0	0.2	0.0	0.7
tmaat	0.0	0.0	0.3	0	0.6

**TCO 1: ei muutosta, perustapaus A (2030)**

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hiso	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
Hpieni	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
Pkt	0.6	0.1	0.1	0.0	0.2
lkaupsyöt	0.6	0.0	0.1	0.0	0.3
lreitill	0.3	0.1	0.3	0.0	0.3
kmaai	0.2	0.1	0.2	0.0	0.5
kpuuk	0.1	0.1	0.3	0.0	0.5
kkauhyö	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
kmkjkau	0.1	0.1	0.3	0.0	0.5
tNRMM	0.2	0.1	0.3	0.0	0.4
tkaup	0.2	0.1	0.3	0.0	0.4
tmaat	0.2	0.1	0.3	0	0.4

**TCO 2: skenaario B, 22% hankintatuki ZEV raskas kalusto 10 vuoden ajan, alenee 2%-yks vuodessa (2030)**

	täyss	hybridi	kaasu	bensa	diesel
Hiso	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
Hpieni	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
Pkt	0.7	0.1	0.1	0.0	0.1
lkaupsyöt	0.7	0.0	0.1	0.0	0.2
lreitill	0.4	0.1	0.2	0.0	0.3
kmaai	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
kpuuk	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
kkauhyö	0.4	0.1	0.1	0.0	0.4
kmkjkau	0.2	0.0	0.3	0.0	0.5
tNRMM	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
tkaup	0.4	0.1	0.1	0.0	0.4
tmaat	0.2	0.1	0.3	0	0.4

**TCO 3: skenaario C, dieselin ja kaasun hinnannousu 5%/v (2030)**

	<b>täyss</b>	<b>hybridi</b>	<b>kaasu</b>	<b>bensa</b>	<b>diesel</b>
Hiso	0.7	0.1	0.0	0.1	0.1
Hpieni	0.7	0.1	0.0	0.1	0.1
Pkt	0.7	0.0	0.1	0.0	0.2
lkaupsyöt	0.7	0.0	0.1	0.0	0.2
Ireittill	0.5	0.0	0.2	0.0	0.3
kmaai	0.4	0.0	0.2	0.0	0.4
kpuuk	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
kkauhyö	0.5	0.0	0.1	0.0	0.4
kmkjkau	0.2	0.0	0.3	0.0	0.5
tNRMM	0.4	0.0	0.2	0.0	0.4
tkaup	0.5	0.0	0.2	0.0	0.3
tmaat	0.3	0.2	0.2	0	0.3

**TCO 4: skenaario B+C, ZEV-hankintatuki ja dieselin ja kaasun hinnannousu 5%/v (2030)**

	<b>täyss</b>	<b>hybridi</b>	<b>kaasu</b>	<b>bensa</b>	<b>diesel</b>
Hiso	0.7	0.1	0.0	0.1	0.1
Hpieni	0.7	0.1	0.0	0.1	0.1
Pkt	0.7	0.0	0.1	0.0	0.2
lkaupsyöt	0.8	0.0	0.0	0.0	0.2
Ireittill	0.6	0.0	0.1	0.0	0.3
kmaai	0.5	0.0	0.1	0.0	0.4
kpuuk	0.4	0.1	0.2	0.0	0.3
kkauhyö	0.6	0.0	0.1	0.0	0.3
kmkjkau	0.3	0.1	0.2	0.0	0.4
tNRMM	0.5	0.0	0.1	0.0	0.4
tkaup	0.6	0.0	0.1	0.0	0.3
tmaat	0.4	0.2	0.2	0	0.2

## Lähteet

- ACEA, 2021. Passenger car fleet by fuel type [WWW Document]. URL <https://www.acea.be/statistics/tag/category/passenger-car-fleet-by-fuel-type>
- Ala-Hiiri, J., Hiilineutraalien ja vähäpäästöisten työkoneiden saatavuus, Tekisen kaupan liitto (2020)
- Alberini, A., Bareit, M. 2019. The effect of registration taxes on new car sales and emissions: Evidence from Switzerland. *Resource and Energy Economics*, Volume 56, 96-112, <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2017.03.005>.
- Alberini, A., Bareit, M., Filippini, M. 2014. Does the Swiss Car Market Reward Fuel Efficient Cars? Evidence from Hedonic Pricing Regressions, Matching and a Regression Discontinuity Design, *Economics Working Paper Series*, No. 14/190, ETH Zurich, CER-ETH - Center of Economic Research, Zurich, <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-010056839>
- Alberini, A., Bareit, M., Filippini, M. ja Martinez-Cruz, A. 2018. The impact of emissions-based taxes on the retirement of used and inefficient vehicles: The case of Switzerland. *Journal of Environmental Economics and Management*, 88, 234-258.
- Andersson, J. (2019), Carbon Taxes and CO2 Emissions: Sweden as a Case Study, *American Economic Journal: Economic Policy* 11(4), 1-30.
- Autoalan Tiedotuskeskus (2021) *Henkilöautokanta vuoden lopussa käyttövoimittain*. Available at: [https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/auto-kanta\\_kayttovoimittain/henkiloautokanta\\_kayttovoimittain](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/auto-kanta_kayttovoimittain/henkiloautokanta_kayttovoimittain).
- Bento, A., Kaffine, D., Roth, K, ja Zaragoza-Watkins, M. 2014. The effects of regulation in the presence of multiple unpriced externalities: evidence from the transportation sector. *American Economic Journal: Economic Policy*, 6, 3, 1-29.
- Bossart, K., Lahtinen, S., Nurmi, O., Tuominen, J., 2017. Vuoden 2015 matkamittarilukemien käyttö ajoneuvo kohtaisten liikennesuoritteiden laskennassa, in: *Tieliikenteen Suoritelaskennan Kehittäminen*.
- Brazil, W., Kallbekken, S., Sælen, H., Carroll J. 2019. The role of fuel cost information in new car sales. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 74, Pages 93-103, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.022>.

- Cavallaro, F., Giaretta, F. and Nocera, S.(2018), The potential of road pricing schemes to reduce carbon emissions, *Transport Policy* 67: 85-92.
- Cerruti, D, Alberini, A. ja Linn, J. 2017. Charging Drivers by the Pound. The Effects of the UK Vehicle Tax System. RFF report, May 2017.
- Figenbaum, E. 2016. Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2016.11.002>.
- Frost & Sullivan, Life Cycle and Total Cost of Ownership (TCO) Analysis of Heavy, Medium, and Light Duty Trucks in Europe, Global Automotive and Transportation Research Team at Frost & Sullivan, MFD2-18, February 2021.
- Galarraga, I., Ramos, A., Lucas, J, Labandeira, X. 2014. The price of energy efficiency in the Spanish car market. *Transport Policy*, Volume 36, Pages 272-282,  
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.09.003>.
- Gerlagh, R., van den Bijgaart, I., Nijland, H. ja Michielsen, T. 2018. Fiscal Policy and CO2 Emissions of New Passenger Cars in the EU. *Environmental and Resource Economics*, 69, 103-134.
- Gillingham, K., Houde, S., van Benthem, A. 2020. Consumer Myopia in Vehicle Purchases: Evidence from a Natural Experiment. *American Economic Journal: Economic Policy*. (Julkaisun numeroa ei ole vielä astettu).
- Harju, J., Kosonen, T., Laukkanen, M., Palanne, K. and Sallee, J. (2018), Studying fuel and car tax policies using microdata: evidence from Finland, Sweden and Norway. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 70/2018. 63 pages.
- Kiiskilä, K., Tuominen, J., Saastamoinen, K., 2016. Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä (No. 36/2016), Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä.
- Kok, N. ja Jennen, M. 2012. The impact of energy labels and accessibility on office rents. *Energy Policy*, 46, 489-497.
- Konttinen, J., 2019. Tieliikenteen ajokilometreissä edelleen hienoista kasvua [WWW Document]. *Tieto & Trendit*. URL <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/tieliikenteen-ajokilometreissa-edelleen-hienoista-kasvua>

- Lajunen A., Suomela J., Pippuri J., Tammi K., Lehmuspelto T., Sainio P. Electric and hybrid electric non-road mobile machinery –present situation and future trends, World Electric Vehicle Journal Vol. 8 - ISSN 2032-6653, EVS29 Symposiu Montréal, Québec, Canada, June 19-22, 2016.
- Li, S., Tong, L., Xing, J. and Zhou, Y. 2017. The Market for Electric Vehicles: Indirect Network Effects and Policy Design. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists 4 (1): 89-133.
- Motiva, 2017. Selvitys energia- ja ympäristövaikutusten huomioon ottamisesta julkisissa hankinnoissa -Ajoneuvot ja kuljetuspalvelut. Julkaistu 5/2017.
- NEOT Oy, lausunto 19.2.2021, Fossiilittoman liikenteen tiekartta - luonnos valtioneuvoston periaatepäätökseksi kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä, Lausuntopyyynnön diaarinumero: VN/9996/2019, <https://www.lausuntopalvelu.fi/>
- Niinikoski, M., Moilanen, P., 2017. Tieliikenteen suoritelaskennan kehittäminen (No. 49/2017), Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä.
- Nylund, Söderena ja Rahkola (2016). Työkoneiden CO<sub>2</sub>-päästöt ja niihin vaikuttaminen. VTT:n raportti VTT-R-04745-16.
- Pavan, G. 2015. Green Car Adoption and the Supply of Alternative Fuels. Job Market Paper. October 2015.
- Phadke, A. et al. Why Regional and Long-Haul Trucks are Primed for Electrification Now. Berkeley Lab, 2021. <https://eta-publications.lbl.gov/publications/why-regional-and-long-haul-trucks-are>
- Ratzinger, J.M., Buchberger, S. & Eichlseder, H. Electrified powertrains for wheel-driven non-road mobile machinery. Automot. Engine Technol. (2020). <https://doi.org/10.1007/s41104-020-00072-z>
- Reynaert, M. 2020. Abatement Strategies and the Cost of Environmental Regulation: Emission Standards on the European Car Market. The review of economic studies. <https://doi.org/10.1093/restud/rdaa058>
- Ruf Y., Baum M., Zom T., Menzel A., Rehberger J., Study Report Fuel Cells Hydrogen Trucks, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, December 2020. <https://www.fch.europa.eu/publications/study-fuel-cells-hydrogen-trucks>



- Shiver, S. 2015. Network Effects in Alternative Fuel Adoption: Empirical Analysis of the Market for Ethanol. *Marketing Science*, 34(1):78–97.  
<https://doi.org/10.1287/mksc.2014.0881>
- Sipilä, E., Kiuru, H., Jokinen, J., Saarela, J., Tamminen, S., Laukkanen, M., Palonen, P., Nylund N-O. ja Sipilä, K. (2018). Biopolttoaineiden kestävä toteutuspolut vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 63/2018.
- Springler, K. 2016. Network externality and subsidy structure in two-sided markets: Evidence from electric vehicle incentives. Job Market Paper.
- Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021a. Tietilasto [verkkojulkaisu] [WWW Document]. URL <http://www.stat.fi/til/tiet/>
- Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021b. Moottoriajoneuvokanta [verkkojulkaisu] [WWW Document]. URL <http://www.stat.fi/til/mkan/index.html>
- Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021c. Tieliikenteen tavarankuljetukset [verkkojulkaisu] [WWW Document]. URL <http://www.stat.fi/til/kttav/2018/index.html>
- Suomen virallinen tilasto (SVT), 2021d. Energian hankinta ja kulutus [verkkojulkaisu] [WWW Document]. URL <http://www.stat.fi/til/ehk/>
- Suomen virallinen tilasto (SVT), 2018. Kuorma-autoliikenteen suoritteet kotimaan liikenteessä ajoneuvotyypin mukaan vuonna 2018. Tieliikenteen tavarankuljetukset.
- Technical Research Centre of Finland (VTT), 2019. Suomen työkoneiden päästömalli TYKO2019 [WWW Document]. URL <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>
- Technical Research Centre of Finland (VTT), 2017. Lipasto Traffic Emissions [WWW Document]. VTT Tech. Res. Cent. Finl. Ltd.
- Tietge, U., Sonsoles, D., Mock, P., Bandivadekar, A., Dornoff, J., Ligterink, N., 2019. From laboratory to road - A 2018 update of official and “real-world” fuel consumption and CO2 values for passenger cars in Europe. *Int. Counc. Clean Transp.*
- Tilastokeskus, 2020a. Tieliikenteen tavarankuljetukset, 2020, 3. neljännes [WWW Document]. URL [http://www.stat.fi/til/kttav/2020/03/kttav\\_2020\\_03\\_2020-12-16\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/kttav/2020/03/kttav_2020_03_2020-12-16_fi.pdf)

- Tilastokeskus, 2020b. Vuonna 2019 henkilöautoilla ajettiin saman verran kuin vuotta aiemmin – raskaan liikenteen kilometrit vähenivät [WWW Document]. Tietilasto. URL [https://www.stat.fi/til/tiet/2019/tiet\\_2019\\_2020-04-15\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/tiet/2019/tiet_2019_2020-04-15_tie_001_fi.html)
- Tilastokeskus, 2019. Tieliikenteen suoritelaskenta 2018 [WWW Document]. URL [https://vayla.fi/documents/25230764/0/Raportti\\_tieliikenteen\\_sooritelaskenta\\_2018.pdf/4079997f-549e-4f99-b2cd-e697681a371c](https://vayla.fi/documents/25230764/0/Raportti_tieliikenteen_sooritelaskenta_2018.pdf/4079997f-549e-4f99-b2cd-e697681a371c)
- Traficom, 2020a. Julkisen liikenteen suoritetilasto 2018 (No. 2/2020), Traficomin tilastojulkaisuja.
- Traficom, 2020b. Julkisen liikenteen tilasto [WWW Document]. URL <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/julkisen-liikenteen-tilasto>
- Tsiakmakis, S., Fontaras, G., Cubito, C., Pavlovic, J., Anagnostopoulos, K., Ciuffo, B., 2017. From NEDC to WLTP: effect on the type-approval CO2 emissions of light-duty vehicles, Publications Office of the European Union.
- Wold, M. ja Ölness, S. 2016. An Empirical Analysis of Drivers for Electric Vehicle Adoption: Evidence from Norway 2010-2014. Master Thesis, Norwegian School of Economics.

tietokayttoon.fi

---

ISBN PDF 978-952-383-460-6

ISSN PDF 2342-6799