



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Otso Kaukonen

# Henkilöautojen toteutuneiden hiilidioksidipäästöjen tutkiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

31.5.2020

Tekijä Otsikko	Otso Kaukonen Henkilöautojen toteutuneiden hiilidioksidipäästöjen tutkiminen
Sivumäärä Aika	24 sivua + 1 liite 31.5.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Ajoneuvosuunnittelu
Ohjaaja	Lehtori Heikki Parviainen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli kerätä aineisto, jonka avulla voidaan arvioida, vastaavatko eri autovalmistajien ilmoittamat päästö- ja kulutusarvot todellisuutta. Lisäksi tavoitteena oli selvittää havaittujen poikkeamien syitä ja seurauksia sekä mitä olisi tehtävissä havaittujen ongelmien ratkaisemiseksi. Työ on tehty K1 Katsastajille, mutta työ olisi valtioneuvoston asettamalle työryhmän hyödynnettävissä fossiilittoman liikenteen tiekarttaa suunniteltaessa.</p> <p>Tutkimus aloitettiin keräämällä autojen ajotietokoneiden ilmoittama keskikulutuslukema katsastuksen yhteydessä. Keräyksen aikana perehdyttiin tyyppihyväksyntää varten suoritettuihin päästöjen mittausmenetelmiin. Kun aineistoa oli kerätty riittävästi, aloitettiin sen analysointi.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin systemaattinen ero autovalmistajien ilmoittaman NEDC-mittaus-tavan kautta arvioidun kulutuksen ja todellisen polttoaineen kulutuksen välillä. Autot olivat lähtökohtaisesti kuluttaneet merkittävästi ilmoitettua enemmän. Tutkimukseen osallistui pääasiassa NEDC-testiajokyllä tyyppihyväksytyjä autoja, joten uudemman WLTP-testiajokyllin luotettavuudesta ei voitu esittää arviota.</p> <p>Insinööriyö tarjoaa objektiivisen tarkastelun jo toteutuneesta verotuksesta sekä sen perustasta. Tulosten perusteella voitiin todeta kestävyysvaje autoveron määrän kehityksessä sekä ympäristötavoitteiden saavuttamisessa. Kun ensirekisteröitävien autojen pakokaasupäästöt vähenevät, menetetyt autoveron summa kasvaa nopeasti. Kun autojen käytönai-kaiset päästöt ovat ilmoitettua korkeammat, päästövähennystavoitteet täyttyvät vain teori-assa. Tutkimuksen perusteella voitiin tarjota myös kehitysehdotuksia autoverolainsäädän-nön uudistamiseksi.</p>	
Avainsanat	Hiilidioksidipäästö, autovero, päästöstandardi, hybridiauto, polttoaineenkulutus

Author Title	Otso Kaukonen Investigation of Actual CO2 Emissions from Passenger Cars
Number of Pages Date	24 pages + 1 appendix 31 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructor	Heikki Parviainen, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to gather fuel consumption data from passenger cars and to use that data to estimate the accuracy of given type-approval fuel consumption values. Another objective was to explain discovered differences and their consequences and to offer suggestions to remedy the issues. This thesis was commissioned by K1 Katsastajat Oy but is intended for use in the government appointed working group tasked to prepare a roadmap for fossil-free transport.</p> <p>The study was started with the collection of fuel consumption values reported by subject cars on-board computers during their mandatory annual inspection. During the data collection phase, the type-approval required emission test cycles were researched. The analysing of the gathered data began after enough data were collected.</p> <p>It was discovered that there exists a systematic difference between the fuel consumption estimates declared by car manufacturers and the fuel economy achieved in real world use. The studied vehicles had significantly worse fuel economy than what should be expected. Mainly older NEDC compliant cars were studied so an estimate of the accuracy on the newer WLTP test cycle could not be determined.</p> <p>This Bachelor's thesis offers objective assessment of the Finnish vehicle taxation legislation. The analysis of the results indicated a sustainability gap in both the amount of the car taxes collected annually and in the achievement of environmental objectives. The amount of the car tax collected annually decreases when the advertised emission values of new cars decrease. However, when the actual produced emissions differ from advertised values the target for reduced greenhouse gas emissions will not be met. Some development proposals were given based on this thesis.</p>	
Keywords	CO2 emission, motor vehicle tax, emission standard, hybrid vehicle, fuel consumption

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aineisto ja menetelmät	2
2.1	Sijainti	2
2.2	Taltiointi	2
2.3	Poikkeustapaukset	6
3	Tutkimusaineiston käsittely	6
3.1	Kerätyt tiedot	6
3.2	Luotettavuus	7
3.2.1	Polttoaineen kulutukseen vaikuttavat tekijät:	7
3.2.2	Ajotietokoneen tarkkuuteen vaikuttavat tekijät	9
3.3	Päästömittausmenetelmät	9
3.4	Hiilidioksidipäästöjen laskenta suhteellisesta kulutusarvosta	10
3.5	Hiilidioksidipäästöjen laskenta mitatusta kulutuksesta	11
4	Tulokset	12
4.1	Havaitut kulutukset poikkeavat ilmoitetuista	12
4.2	Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	13
4.3	Tutkimuksen hybridautot	13
5	Havaintoja	14
5.1	Päästöstandardit	14
5.2	Verotus	15
5.2.1	Liikenteestä kerätyt verotulot	15
5.2.2	Hybridien määrän lisääntyessä	16
5.3	Liikenteen hiilidioksidipäästöt yleisesti	19
5.4	Kehitysehdotukset	20
6	Yhteenveto	22

Liite 1. Tutkimusaineisto

## Lyhenteet

<b>95E10</b>	Bensiini, jonka RON-oktaanitaso on vähintään 95, joka sisältää enintään 10 % etanolia.
<b>98E5</b>	Bensiini, jonka RON-oktaanitaso on vähintään 98, joka sisältää enintään 5 % etanolia.
<b>ICCT</b>	International Council on Clean Transportation. Liikenteen päästöjä tutkiva järjestö
<b>NEDC</b>	New European Drive Cycle. Vanhempi päästömittausmenetelmä
<b>PHEV</b>	Plug-in Hybrid Electric Vehicle. Sähköverkosta ladattava hybridi-auto.
<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency. Yhdysvaltain ympäristön- suojeluvirasto
<b>WLTP</b>	Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure. Uudempi päästö- mittausmenetelmä

## 1 Johdanto

Askeleena kohti hiilineutraalia Suomea Sanna Marinin hallitusohjelman mukaan tällä hallituskaudella luodaan tiekartta fossiilittomaan liikenteeseen. Tiekartassa tullaan esittämään keinot, joilla kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt puolitetaan vuoteen 2030 mennessä ja liikenne muutetaan nollapäästöiseksi vuoteen 2035 tai viimeistään 2045 mennessä. Liikenteen pitkän aikavälin tavoitteista ja toimenpiteistä ei kuitenkaan vielä ole tehty varsinaisia linjauksia valtioneuvostotasolla. Myös liikenteen vuoden 2030 päästövähennystavoitteen saavuttaminen vaatii vielä lisätoimenpiteitä.

Tämä insinööri työ keskittyy bensiinikäyttöisten henkilöautojen sekä bensiinihybridien toteutuneiden hiilidioksidipäästöjen tutkimiseen toteutuneen kulutuksen kautta. Insinöörityössä luodaan aineisto, jonka avulla voidaan arvioida tämänhetkinen tilanne henkilöautojen kasvihuonekaasujen päästökehityksessä suhteessa päästövähennystavoitteisiin eli selvitetään, vastaavatko autovalmistajan ilmoittamat päästö- ja kulutusarvot todellisuutta. Lisäksi tavoitteena on selvittää mahdollisten poikkeamien seuraamuksia kuluttajille ja päättäjille sekä mitä on tehtävissä päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi.

Työ on tehty katsastus- ja rekisteröintipalveluja tarjoavalle K1 Katsastajat Oy:lle. Työn tilauksen perustana on yhteiskunnallisen vastuunkanto koko yhteiskuntaan vaikuttavan ilmastonmuutoksen takia. Työllä halutaan myös kiinnittää päättäjien huomio tekemään oikeita ratkaisuja päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi kuitenkin minimoiden negatiiviset vaikutukset autoalaan.

## 2 Aineisto ja menetelmät

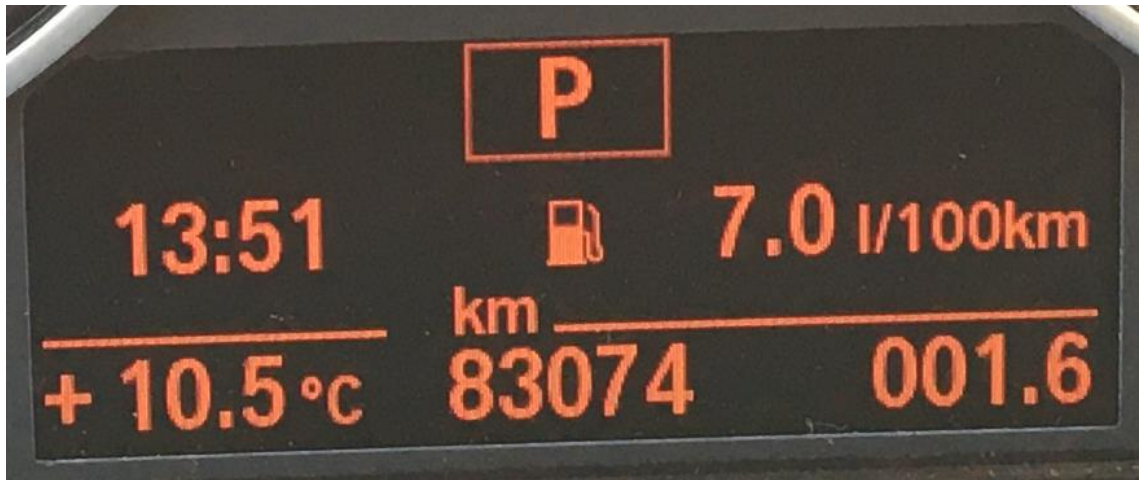
### 2.1 Sijainti

Aineisto on kerätty pääkaupunkiseudulla sijaitsevilla K1 Katsastajien toimipisteissä. Suurin osa aineistosta on taltioitu K1 Konalan sekä K1 Konala Autokeskuksen toimipisteissä Autokeskuksen vaihtoautoja hyödyntäen. Aineistoa on kerätty myös muista toimipisteistä, mm. K1 Suomenojan, K1 Koivuhaan ja K1 Vantaankosken katsastusasemilla. Koska tutkimus on suoritettu pääkaupunkiseudulla, ei tutkimuksen autokanta edusta Suomen autokantaa täydellisesti. Tutkimusmateriaalin kerääminen aloitettiin lokakuussa 2019, ja se päättyi helmikuussa 2020.

### 2.2 Taltiointi

Kulutuslukeman tarkastus ja taltiointi on tehty normaalin määräaikaikatsastajan työn yhteydessä. Ajotietokoneen näyttö kuvattiin autoon noustessa mittariston merkkivalojen toiminnan testauksen yhteydessä. Katsastuksen aikana autolla ajettiin matalalla nopeudella sekä joitakin tutkimuksen autoja käytetään korotetulla joutokäynnillä katsastuksen päästömittauksen aikana. Näin välttyttiin katsastuksen vaikutukselta ajotietokoneen ilmoittamaan arvoon. Koska tutkimukseen liittyi olennaisesti auton katsastaminen, varmistuttiin samalla autojen päästöjenhallintalaitteiden toimintakunnosta ja mahdollisten vikojen aiheuttamista vääristyneistä arvoista. Mikäli autoon ei tehty päästömittausta, varmistettiin päästöjen oikeellisuus asiakkaan toimittamasta päästömittaustodistuksesta.

Ajotietokoneen ilmoittaman kulutuslukeman taltioinnissa oli huomioitava muutamia seikkoja. Eri valmistajien ja automerkkien tavoissa ilmoittaa kulutuslukemia on eroja. Osa valmistajista ilmoittaa, millä aika- tai matkavälillä ilmoitettu kulutuslukema on mitattu. Osa ilmoittaa mittausaikana ajetun keskinopeuden. Näitä arvoja ei kuitenkaan välttämättä ole ilmoitettu tai taltioitu riippuen auton tietojärjestelmästä. Esimerkiksi kuvan 1 BMW ilmoitti vain keskikulutuksen muuten tuntemattomin parametrein.



Kuva 1. BMW 116i vm. 2013

Enemmän tietoa oli saatavilla esimerkiksi kuvan 2 Mercedesen ajotietokoneesta. Ajotietokone ilmoitti ajatun matkan, ajoajan sekä keskinopeuden ajalta, jolta keskikulutus on laskettu. Vaikka joistain yksilöistä oli saatavilla enemmän dataa verrattuna muihin, käsitellään mittatuloksia silti yhdenvertaisina



Kuva 2. Mercedes Benz A 180 vm. 2014



Seuraavissa kuvissa 3–6 esitellään esimerkit tutkimuksessa yleisimpien automerkkien ajotietokoneiden ilmoittamista tiedoista.



Kuva 3. Ford Focus vm. 2018



Kuva 4. Nissan Qashqai vm. 2017



Kuva 5. Skoda Octavia vm. 2015



Kuva 6. Toyota Yaris Hybrid vm. 2018

## 2.3 Poikkeustapaukset

Koska suurin aineiston tarjonta oli toimipisteissä, joihin olennaisesti liittyy autojen huolto, on epäloogiset tulokset jätetty kokonaan pois aineistosta. Yleinen tilanne, jossa epälooginen arvo havaitaan, on esimerkiksi määräaikaishuollon tai korjauksen jälkeen tilattu katsastus. Riippuen tehdyistä toimenpiteistä joissakin autoissa ajotietokoneet ovat ilmoittaneet keskikulutukseksi 0 l / 100 km. Toinen mahdollinen tilanne alkaa samanlaisista asetelmista mutta autolla onkin ajettu juuri riittävä matka jonkin kulutuslukeman laske-  
miseksi. Tällöin saatu kulutuslukema on poikkeuksellisen korkea, jopa yli 20 l / 100 km. Tällaiset arvot eivät vastaa normaalia käyttöä, joten niitä ei ole huomioitu tutkimuksessa.

## 3 Tutkimusaineiston käsittely

### 3.1 Kerätyt tiedot

Vähimmäisvaatimuksena henkilöauton toteutuneiden hiilidioksidipäästöjen tutkimiselle on mitatun arvon lisäksi tiedettävä, mihin sitä verrataan. Tässä tutkimuksessa havaittuja keskikulutuslukemia verrattiin ajoneuvotietojärjestelmästä saatuihin valmistajan ilmoittamiin yhdistettyihin kulutuslukemiin. Autoista kerättiin tutkimusta varten seuraavat tiedot:

- merkki
- malli
- käyttöönottovuosi
- vaihteiston tyyppi
- iskutilavuus
- suurin nettoteho
- hybriditaso
- mitattu kulutus
- kaupunkikulutus\*
- maantiekulutus\*
- yhdistetty kulutus
- hiilidioksidipäästöt kaupunkiajossa\*
- hiilidioksidipäästöt yhdistetyssä ajossa

- ajettu matka\*
- ajoaika\*
- keskinopeus\*
- ilmoitetun kulutuksen mittaamenetelmä.

Luetelmassa tähdellä (\*) merkityt tiedot olivat saatavilla vain osasta tutkimuksen autoja tai osoittautuivat tarpeettomiksi tutkimuksen kannalta. Tähdellä merkityt arvot on poistettu liitteestä 1 ”Tutkimusaineisto”. Lisäksi joissain uusimmissa (käyttöönottovuosi 2018–2020) autoissa on ilmoitettu vain WLTP-päästömittauksen (Worldwide harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure) mukainen yhdistetty kulutuslukema.

## 3.2 Luotettavuus

### 3.2.1 Polttoaineen kulutukseen vaikuttavat tekijät

Tulosten (liite 1) luotettavuuden arvioimiseksi oli selvitetävä, mitkä tekijät voivat vaikuttaa saadun mitta-arvon vastaavuuteen suhteessa ilmoitettuun kulutuslukemaan. Käytännössä tämä tarkoittaa polttoainetalouteen vaikuttavia inhimillisiä muuttujia. Oli myös otettava huomioon, mitkä tekijät vaikuttavat itse mitta-arvon tarkkuuteen. Seuraavaksi tarkastellaan eri tekijöiden vaikutusta tutkimustuloksiin:

- ajotyyli
- auton kunto
- ajosuoritteen tyyppi
- akun varaustaso hybridissä
- ajo-olosuhteet
- kuorma
- käytetty ajotila
- keskinopeus
- lisävarusteet
- lohkolämmittimen käyttö
- mukavuuslaitteiden käyttö
- polttoainelaatu
- renkaiden tyyppi

- renkaiden kunto
- rengaspaine
- vaihteisto
- vedettävät laitteet
- vuodenaika.

Polttoaineenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä on selvästi eniten. Niiden tunnistamiseen on käytetty apuna CAP-autokoulun sekä Nesteen verkkoaineistoa [1; 2]. Tärkeimmät tekijät taloudellista ajoa suunniteltaessa ovat kuljettajan ajotyyli, hybridauton akun varaus-taso, ajosuorituksen tyyppi ja keskinopeus sekä mahdolliset lisävarusteet, kuten kattoteli-neet ja ilmanohjaimet. Yksittäisiä autoja tarkastellessa kulutuksen poikkeama ilmoite-tusta selittyy todennäköisimmin jollain näiden tekijöiden yhdistelmällä. Ajosuorituksen tyyppi, eli ajetaanko taajama-ajoa, maantieajoa vai jotakin siltä väliltä, vaikuttaa olennai-sesti keskikulutukseen. Kaupungissa joutokäynnin osuus ajoajasta kasvaa heikentäen polttoainetaloutta. Keskinopeuden muutos samanlaisen ajosuorituksen sisällä on myös merkittävä tekijä. Korkeammilla nopeuksilla ulkoisten lisävarusteiden vaikutus korostuu, sillä ilmanvastus kasvaa nopeuden neliössä. Vetokoukku varusteena mahdollistaa perä-kärryjen ja vedettävien laitteiden kytkennän autoon, jolloin kulutus voi kasvaa huomatta-vasti.

Vähäisempiä vaikuttavia tekijöitä ovat auton ja sen varusteiden kunto, ajo-olosuhteet, joissain autoissa valittavissa olevat ajotilat, jotka vaihtelevat taloudellisesta sporttiseen vaihtoehtoon. Auton ja sen varusteiden kunto sisältää auton normaalin huollontarpeen öljynvaihdesta jarruihin. Valmistajan ilmoittaman huolto-ohjelman laiminlyönti voi johtaa kohonneeseen kulutukseen. Talviaikaan joissain autoissa suositeltavan viimasuojan käytön laiminlyönti aiheuttaa sen, että moottori lämpenee hitaammin. Käytetty ajotila sekä voimansiirron toimintaan vaikuttavat varusteet, esimerkiksi start-stop-järjestelmä ja vaihto-opastin, laskevat kulutusta käytön mukaan. Useimmat autonvalmistajat tarjoavat autoihin erilaisia voimansiirron oletusasetuksia, joita käyttämällä käyttäjä voi muuttaa mm. kierroslukua, jossa vaihteen vaihto tapahtuu, tai portaattomassa vaihteistossa, millä kierrosluvulla moottoria käytetään. Kaasupolkimen ja kaasuläpän aukeamisen suhdetta eli kaasun progressiivisuutta voidaan muuttaa ajotilojen välillä sekä jopa moottorin tuot-tamaa vääntömomenttia voidaan rajoittaa ohjelmoinnin mukaan. Tyypillisiä vaihtoehtoja ovat normaali, taloudellinen ja sporttinen ajotila. [3]

Vaikutukseltaan erittäin vähäiseksi arvioituja tekijöitä ovat käytetty polttoainelaatu. Nesteen bensinioppaan [4, s. 22] mukaan yleisimpien polttoainelaatujen 95E10 ja 98E5 energiatihyden ero on noin 1,5 %. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston mukaan [5, s. 4] tuotetun hiilidioksidin määrä ei kuitenkaan olennaisesti muutu polttoainelaatujen välillä. Rengaspaineiden vaikutus kulutukseen on noin  $\pm 1,5$  %:n suuruinen [6]. Renkaan kuluneisuus ja renkaan tyyppi, eli käytetäänkö laadukkaampaa vai edullisempaa kumiseosta, vaikuttaa myös hieman [7]. Vallitseva ajokeli vaikuttaa kulutukseen mutta kylmien olosuhteiden lisävarusteet eli lohkolämmittimet, viimasuojat ja keliin soveltuvat renkaat pienentävät sen vaikutusta.

### 3.2.2 Ajotietokoneen tarkkuuteen vaikuttavat tekijät

Itse ajotietokoneen ilmoittaman arvon tarkkuuteen vaikuttaa lähinnä valmistajan suorittaman kalibroinnin tarkkuus sekä autossa käytettyjen renkaiden vierintäkehä. Moottorinohjausyksikkö laskee polttoaineenkulutusta yksittäisistä polttoainesuuttimen suihkutustapahtumista. Ohjausyksikkö laskee syötön määrän ja suutinten käytön tiheyden perusteella hetkellisen kulutuksen, ja kun ajettu matka tiedetään, saadaan laskettua keski-kulutus kyseessä olevalle matkalle. Yksittäisen ruiskutustapahtuman mittatarkkuus sekä ajetun matkan tarkkuus vaikuttavat siis mitattuun keski-kulutukseen. Vierintäkehältään väärän kokoisen renkaan käyttö vaikuttaa merkittävästi ajotietokoneen ilmoittaman arvon ja todellisen polttoaineen kulutuksen suhteeseen.

### 3.3 Päästömittausmenetelmät

Tuloksia käsiteltäessä muita huomioitavia tekijöitä ovat käytetty päästömittausstandardi, eli onko testiajossa noudatettu 1) NEDC-standardin (New European Driving Cycle) vai 2) WLTP-standardin mukaista ajosykliä. Testattavan auton optimointi kaikkein taloudellisimman testituloksen saavuttamiseksi on vanhemman NEDC-standardin rajoissa huomattavasti helpompaa verrattuna uudempaan WLTP-standardiin. Moottorinohjaus voidaan optimoida ennalta tunnettua ajosykliä varten, ympäristön lämpötila voidaan optimoida sallituissa rajoissa sekä rengaspainetta voidaan lisätä alhaisemman vierintävas-tuksen saavuttamiseksi. Auton paino voidaan optimoida testiä varten, sillä testissä käytetään standardinmukaisia painoluokkia testattavan auton todellisen painon sijaan.

Koska testi suoritetaan alustadynamometrillä, painoluokkien avulla saavutetaan etu inertia-issa, joka auton täytyy kumota ajosyklin aikana.

### 3.4 Hiilidioksidipäästöjen laskenta suhteellisesta kulutusarvosta

Kulutuslukema on suoraan verrannollinen auton tuottamiin hiilidioksidipäästöihin, sillä hiilidioksidia ei voi poistaa pakokaasusta käsittelemällä. Tuotetun hiilidioksidin määrä voitiin määrittää tässä tutkimuksessa kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa oli käyttää saatua mitatun kulutuksen suhdetta yhdistettyyn kulutukseen. Kertomalla ilmoitettu yhdistetty hiilidioksidipäästöarvo suhteellisen kulutuksen arvolla saatiin selville toteutunutta kulutusta vastaava hiilidioksidiarvo. Ilmoitettu arvo saatiin ajoneuvotietojärjestelmästä.

Esimerkkiauto on Ford Focus vm. 2016, jonka suhteellinen kulutusarvo on 125,45 % ja yhdistetty CO<sub>2</sub>-päästö 125,0 g/km:

$$125,0 \frac{g}{km} * 125,45 \% \approx \mathbf{156,8 \frac{g}{km}}$$

### 3.5 Hiilidioksidipäästöjen laskenta mitatusta kulutuksesta

Toinen tapa laskea toteutunut hiilidioksidipäästö oli selvittää bensiinin yksikköä kohden tuottaman hiilidioksidin määrä. Kilometriä kohden tuotetun hiilidioksidin määrä saatiin selville kertomalla kilometrikohtainen kulutus bensiinilitrasta muodostuvan hiilidioksidin määrällä. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston ilmoittama arvio hiilidioksidin tuotosta on 8 887 g/gal (US) eli noin 2 348 g/l [5, s. 1].

Käytetään samaa esimerkkiautoa, kuin aikaisemmassa esimerkissä. Auton mitattu kulutus oli 6,9 l / 100km.

$$6,9 \frac{l}{100km} * 0,01 * 2348 \frac{g}{l} \approx 162,0 \frac{g}{km}$$

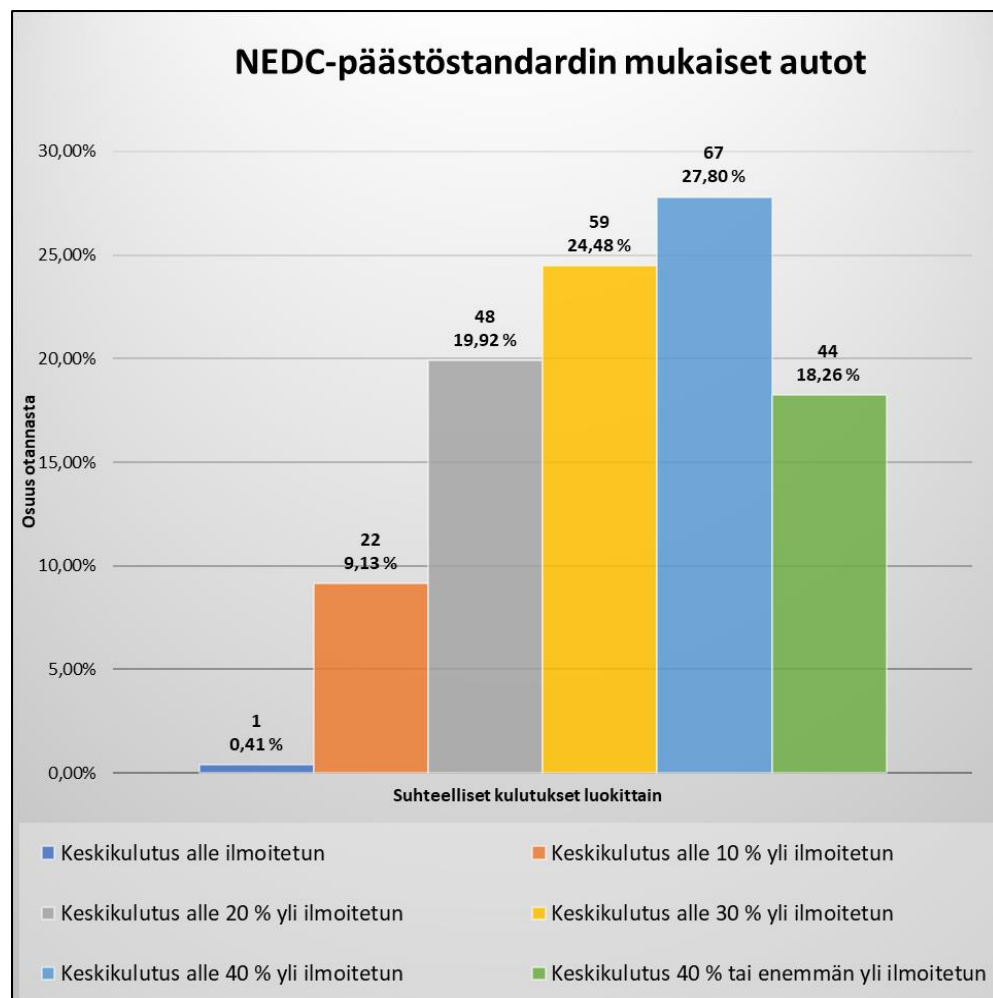
Hiilidioksidipäästöjen laskeminen mitatusta kulutuksesta bensiinin tuottaman hiilidioksidin määrän avulla tuottaa hieman epäedullisemmän päästöarvon tämän auton kohdalla. Todellisten päästöjen arvioimiseksi tämä laskennallinen keino on kuitenkin parempi, sillä se voidaan laskea testin jokaisesta yksilöstä.



## 4 Tulokset

### 4.1 Havaittu kulutus ja hiilidioksidipäästöt

Kaikista tutkimukseen osallistuneista yhteensä 254 autosta 13 kappaletta oli tyyppihyväksytty WLTP-päästöstandardin mukaisesti ja loput 241 NEDC-päästöstandardin mukaisesti. Kuvassa 7 esitetään NEDC-päästöstandardin mukaiset autot luokiteltuna suhteellisen kulutuksen mukaan. Kuvasta 7 on huomattavissa selvä trendi. Autot lähtökohteisesti kuluttavat merkittävästi valmistajan ilmoittamaa enemmän eli päästävät myös merkittävästi ilmoitettua enemmän hiilidioksidia.



Kuva 7. NEDC-päästöstandardin mukaiset autot luokiteltuna ilmoitetun yhdistetyn kulutuksen mukaan. Vain yksi auto on kuluttanut ilmoitettua vähemmän.

Osa havaitusta erosta selittyy inhimillisillä tekijöillä, mutta systemaattinen kulutuksen kasvaminen johtuu oletettavasti autoiluun liittyvän lainsäädännöstä ja valmistajien välisen kilpailusta. On autonvalmistajien edun mukaista tavoitella suurinta kilpailuetua muun muassa suomalaisen verolainsäädännön sekä kuluttajan silmissä. Autosta ensirekisteröinnin yhteydessä suoritettava autovero vaikuttaa suoraan kuluttajahintaan, joten edullisemman hankintahinnan tavoittelu kannattaa. Polttoainekustannuksia arvioidessa pienempi ilmoitettu kulutus laskee arvioitua kustannusta tehden autosta haluttavamman kuluttajalle. Autovalmistajien on myös täytettävä eurooppalaisia kasvihuonekaasupäästö-tavoitteita myynnin mahdollistamiseksi Euroopassa.

#### 4.2 Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Tehtyjä havaintoja voidaan verrata ICCT:n (International Council on Clean Transportation) vuonna 2012 julkaisemiin [8, s. 11] tuloksiin. ICCT on puolueeton ja voittoa tavoittelematon järjestö, jonka tavoite on kehittää eri liikennemuotojen ympäristönsuojelun tasoa ja energiatehokkuutta. Raportin mukaan Saksassa vuonna 2010 uusien autojen todellisen ja ilmoitetun kulutuksen ero oli noin 21 %. Autot oli tuolloin tyyppi hyväksytyt NEDC-standardin mukaisina. Nyt suoritettussa tutkimuksessa kaksi kolmasosaa NEDC-standardin mukaisista autoista oli kuluttanut 21 % tai enemmän yli ilmoitetun. On huomioitava, että tutkimukseen valikoituneet autot edustavat vain osin Suomen autokantaa merkeiltään tai käyttöönottovuosiltaan ja siksi tutkimustulokset eivät ole suoraan verrannollisia muiden tutkimusten tuloksiin. Tutkimuksessa on myös jätetty tarkoituksellisesti huomioimatta autot, joissa on havaittu pakokaasupäästöihin vaikuttavia vikoja. Kuitenkin ilmoitettujen arvojen ja todellisten arvojen eron kasvun trendin säilyminen on havaittavissa tuloksista.

#### 4.3 Tutkimuksen hybridautot

Hybridautojen määrä tutkimuksessa jäi vähäiseksi. WLTP-standardin mukaisia hybridejä oli yhteensä viisi, joista yksi oli sähköverkosta ladattavissa. NEDC-standardin mukaisia hybridejä oli kahdeksan, joista kolme oli sähköverkosta ladattavissa. Yhteensä tutkimuksen hybridejä oli siis 13 kappaletta. Vaikka hybridien kappalemäärä on pieni, voidaan silti tehdä tärkeä havainto. Suurimman kulutuksen poikkeama saavutettiin

eräällä NEDC-standardin mukaisella ladattavalla hybridillä BMW 530e vm. 2018. Auton kulutus oli 9,5 l / 100 km ilmoitetun kulutuksen ollessa 1,9 l / 100 km. Auto oli kuluttanut siis viisinkertaisen määrän polttoainetta verrattuna ilmoitettuun eli 400 % ilmoitettua enemmän. Tutkimuksen polttomoottoriautoista huonoiten suoriutunut yksilö oli eräs Ford Focus vm. 2017, joka oli kuluttanut noin 82 % ilmoitettua enemmän.

Ongelma ei ole ainoastaan BMW:n hybrideissä, sillä tutkimuksen kymmenen huonoimman suhteellisen kulutuksen saavuttaneista autoista kuusi oli hybridejä. Erot erityisesti ladattavissa hybrideissä voivat kasvaa huomattavan suuriksi, mikäli käyttäjä ei säännöllisesti lataa auton ajoakkuja. Akun lataamisen laiminlyönti tarkoittaa käytännössä polttoainetalouden merkittävää heikkenemistä ja kasvihuonekaasupäästöjen kasvamista. Akun lataaminenkaan ei takaa luvattuun kulutukseen pääsemistä, vaikkakin ladattavassa hybridissä on teoriassa mahdollisuus käyttää autoa kuluttamatta polttoainetta lainkaan.

## 5 Havainnot

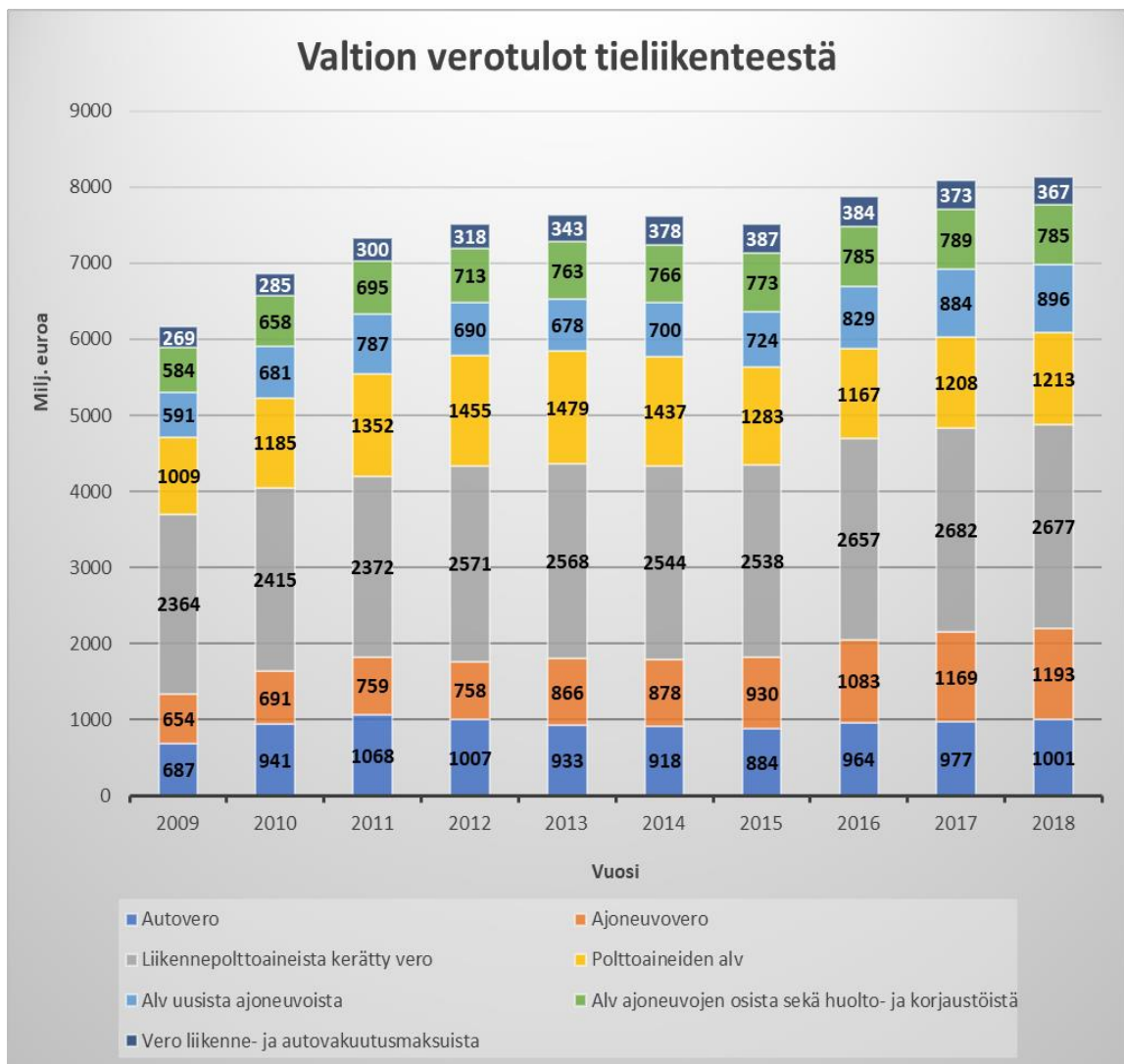
### 5.1 Päästöstandardit

WLTP-mittausta alettiin soveltaa uusien autojen tyyppihyväksynnässä 1.9.2017 alkaen. Uusi mittaus tapa otetaan vaiheittain käyttöön NEDC-mittaustavan väistyen lopullisesti 2021 mennessä. WLTP-mittaustavan tavoitteena on totuudenmukaisempien testiolosuhteiden määrittäminen. Verrattuna vanhempaan mittaus tapaan WLTP-testissä on muun muassa totuudenmukaisemmat kiihdytykset ja hidastukset, kattavammin eri ajotilanteita, pidemmät ajomatkat sekä auton lisävarusteiden vaikutus huomioidaan. Mittaus on yksilöllinen jokaiselle ajoneuvolle. Mittaus tapojen eroja on käsitelty Autoalan Tiedotuskeskuksen verkkosivuilla [9] sekä Traficom:n verkkosivuilla [10]. Tutkimuksen vähäisten WLTP-autojen määrää selittää se, että kyseisiä autoja ei ole vielä tullut katsastusikänsä suuressa määrin. Henkilöauto on katsastettava ensimmäisen kerran viimeistään neljän vuoden kuluttua ajoneuvon käyttöönottopäivästä. Poikkeuksena ovat luvanvaraisessa käytössä olevat autot, jotka katsastetaan viimeistään vuoden kuluttua käyttöönottopäivästä.

## 5.2 Verotus

### 5.2.1 Liikenteestä kerätyt verotulot

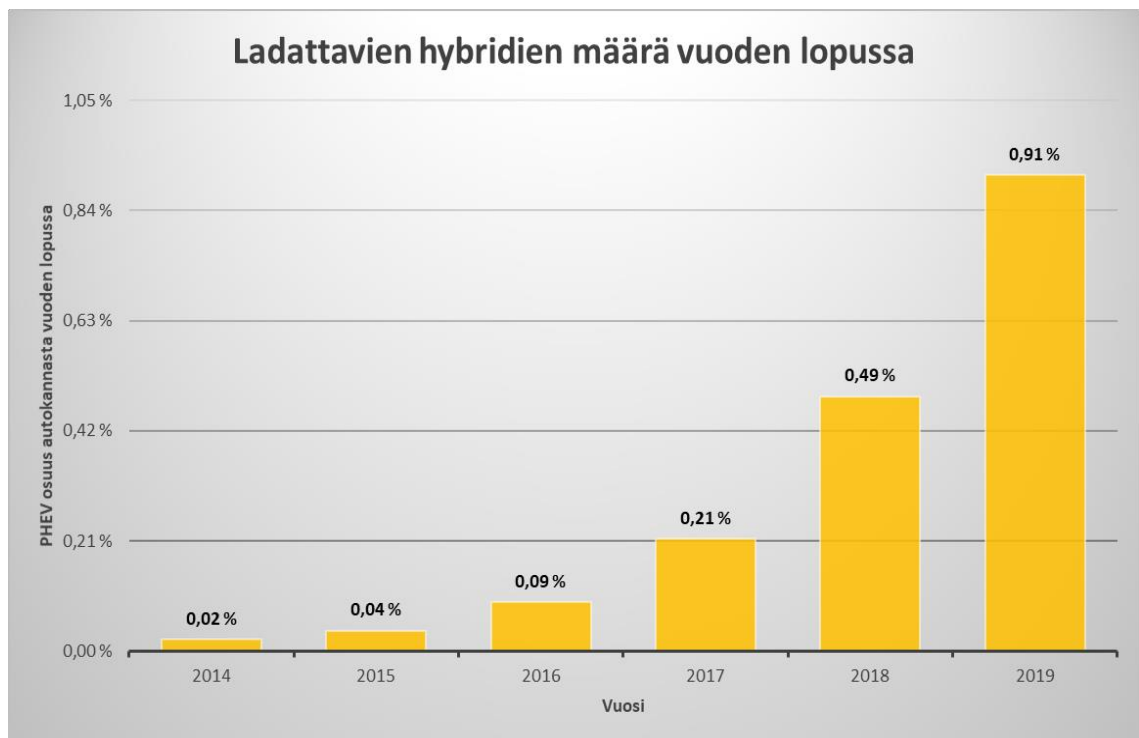
Suomen valtio kerää vuosittain liikenteestä noin kahdeksan miljardin euron verotulot. Autoveron osuus summasta on noin miljardi euroa. Autovero perustuu autojen päästämän hiilidioksidin määrään. Henkilöautojen veron määrä on määritelty Autoverolain 6. pykälässä [11]. Kuvassa 8 on valtion liikenteestä keräämän verotulon erittely.



Kuva 8. Valtion verotulot tieliikenteestä [12].

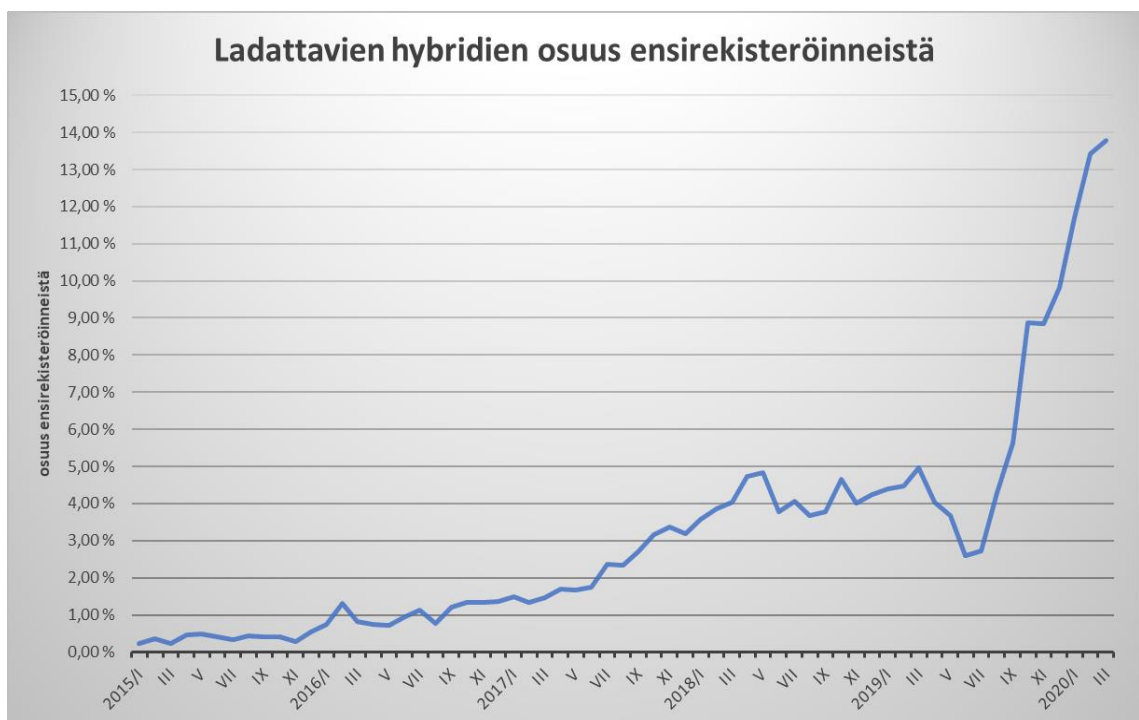
### 5.2.2 Ladattavien hybridien määrän lisääntyessä

PHEV:t (plug-in hybrid electric vehicle) eli ladattavat hybridit kiinnostavat suomalaista kuluttajaa. Hybridien määrä on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina. Kuva 9 havainnollistaa ladattavien hybridien määrän kasvua kotimaan autokannasta. Tiedot perustuvat Autoalan Tiedotuskeskuksen taulukkoon ”Henkilöautokanta käyttövoimittain” [13]. Vuodesta 2014 asti hybridien määrä Suomen autokannasta on noin kaksinkertaistunut vuosittain. Vuoden 2019 lopussa koko Suomen autokannasta melkein yksi prosentti oli ladattavia hybridejä.



Kuva 9. Ladattavien hybridien autokanta vuoden lopussa [13].

Ladattavien hybridien osuus ensirekisteröinneistä on kasvanut merkittävästi kesäkuun 2019 jälkeen. Kuva 10 havainnollistaa ladattavien hybridien ensirekisteröinnin kehityksen. Autoalan tiedotuskeskuksen mukaan [14] maaliskuussa 2020 osuus ensirekisteröinnistä oli lähes 14 % eli 1 268 kappaletta. Ladattavat hybridit ovat korvanneet tavallisia bensiinikäyttöisiä henkilöautoja. Kun pistokehybridien osuus ensirekisteröinneistä on kasvanut noin 11 prosenttiyksikköä kesäkuusta 2019, on bensiinikäyttöisten henkilöautojen osuus pienentynyt noin 12 prosenttiyksikköä.



Kuva 10. Ladattavien hybridien osuus ensirekisteröinneistä [14].

Ladattavien hybridien määrän liikenteessä voidaan siis olettaa kasvavan hyvinkin nopealla vauhdilla. Tilanne on positiivinen hiilidioksiditavoitteisiin pääsemisen kannalta, mutta sillä on myös negatiivisia vaikutuksia valtion keräämään autoveron määrään. Verotuksen perustuessa ilmoitettuun hiilidioksidin määrään ja ladattavien hybridien ollessa erittäin polttoainetaloudellisia varsinkin standardoiduissa testeissä, veron määrä voi laskea mer-

kittävästi ja suhteellisen lyhyellä aikataululla. Veron menetystä voidaan arvioida esimerkiksi kilaskulla. Arvioinnissa käytetään kahta kuvitteellista, autoverottomalta vähittäishinnaltaan yhtä arvokasta autoa. Esimerkin bensiiniauton päästöt ovat autoalan tiedotuskeskuksen mukaan [15] vuoden 2019 WLTP-arvojen keskiarvo 144 g/km. PHEV-esimerkki-auton WLTP-päästöiksi on arvioitu 50 g/km, joka vastaa kulutusta noin 2,1 l / 100 km. Autoveroprosentteina on käytetty 1.1.2019 ja sen jälkeen sovellettavia veroprosentteja.

Taulukko 1. Autoveron esimerkki

	<b>2019 CO<sub>2</sub>-keskiarvo bensiinikäyttöisistä autoista (144 g/km)</b>	<b>2019 PHEV-arvio (50 g/km)</b>
Autoveroprosentti	<b>24,60 %</b>	<b>4,70 %</b>
Autoveroton vähittäishinta (hinnastohinta, sis. alv) (euroa)	<b>30 000</b>	<b>30 000</b>
ALV (euroa)	<b>5 806</b>	<b>5 806</b>
Autovero (euroa)	<b>7 380</b>	<b>1 410</b>
Hinta veroineen (euroa)	<b>37 380</b>	<b>31 410</b>

Esimerkin ladattavan hybridin mynnistä kerätään 5 970 € vähemmän autoveroa. Yksittäisen auton mynnistä johtuva noin kuuden tuhannen euron perimättä jäävä vero ei ole vielä merkittävä summa, mutta ladattavien hybridien määrän lisääntyessä yhteensä menetetty summa kasvaa nopeasti. Kuvan 10 kasvupiikin alusta (kesäkuu 2019) ladattavien

hybridien osuus on kasvanut noin prosenttiyksikön verran kuukaudessa. Mikäli kasvun oletetaan jatkuvan esimerkiksi kolmen vuoden ajan, nousee ladattavien hybridien osuus ensirekisteröinneistä jo noin 50 %:iin kaikista henkilöautoista. Vuoden 2019 ensirekisteröintimäärillä [14] laskettaessa, kun ensirekisteröityjä henkilöautoja oli yhteensä 114 199 kappaletta, menetetyn autoveron summa olisi noin 340 miljoonaa euroa. Summa vastaa noin 34 %:a vuonna 2018 yhteensä kerätystä autoverosta. Määrä ei ole tarkka, mutta mikäli verolainsäädäntöä ei muuteta, on odotettavissa satojen miljoonien eurojen menetyks valtion budjetissa.

On huomioitava, että tyypillinen ladattava hybridi on yleensä vastaavaa vain polttomoottorilla varusteltua mallia kalliimpi verottomalta hinnaltaan. Keskimääräisten ladattavia hybridejä koskevien hintatietojen ollessa epäluotettavia on esimerkkilaskussa käytetty samanarvoisia autoja eron havainnollistamisen helpottamiseksi. Todellinen verovaikutus riippuu myytävien autojen lopullisista verotusarvoista. Pienempi polttoaineenkulutus verrattuna ei-sähköistettyihin autoihin vaikuttaa myös liikennepolttoaineista kerättävään veron määrään sekä ajoneuvoveroon. Näiden vaikutuksia on kuitenkin hankala arvioida, sillä tulevien mallien polttoaineenkulutusta ei tiedetä etukäteen. Ajoneuvon tilapäinen liikennekäytöstä poisto eli niin kutsuttu seisontaan laittaminen vaikuttaa ajoneuvoverokautteen ja veron summaan.

### 5.3 Liikenteen hiilidioksidipäästöt yleisesti

Henkilöautojen osuus Euroopan liikenteen päästöistä oli vuonna 2018 noin 44,3 % eli noin 420 miljoonaa tonnia hiilidioksidia [16]. Päästövähennyksiä ja hiilineutraaliutta tavoiteltaessa asetetuista standardeista lipsuminen hidastaa niihin pääsyä ja on esimerkiksi Pariisin ilmastosopimuksen hengen vastaista. Tämä myös hankaloittaa hiilidioksidipäästöihin perustuvan veron määräämistä.

Kotimaan liikenne tuottaa Traficomien ylläpitämän liikennefakta.fi-sivuston mukaan [17] noin 21 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Se on toiseksi suurin osuus kotimaan kasvihuonekaasupäästöjen lähteistä energiateollisuuden ollessa suurin osuudella 33 %. Yli puolet tieliikenteen noin 10,9 miljoonasta tonnista kasvihuonekaasupäästöjä syntyi henkilöautoista. Tieliikenne on siis erinomainen kohde kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle.



## 5.4 Kehitysehdotukset

Nykyisellä verolainsäädännöllä pyritään ohjaamaan kuluttajia valitsemaan ympäristöystävällisempiä autoja. Autojen ympäristöystävällisyyden arviointiin käytetty valmistajan ilmoittama kulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen arvo kuvaa riittämättömästi todellista tilannetta. Mikäli verolainsäädäntöä ei merkittävästi uudisteta, vähenevät verotulot tulevien vuosien aikana merkittävästi. Nykyisen verolainsäädännön pohja on kestämaton. Vähäpäästöisten autojen suosiminen verotuksessa on erinomainen keino ohjata kuluttajia, mutta ohjauksen perustan eli sen, mihin arvoon tai metriikkaan ohjauksen suuruus perustuu, on oltava mahdollisimman oikeudenmukainen. Esimerkiksi NEDC-mittauksesta saadut arvot ovat lähtökohtaisesti todellista pienempiä ja jotkin automallit voivat saada niille kuulumatonta etua epätarkan mittauksen takia.

Tilanteen korjaamiseksi verolainsäädäntöä on pakko uudistaa. Vaihtoehtoja uudistamiselle on useita, ja muutoksissa on huomioitava Suomessa myytävien uusien autojen kilpailukyvyyn säilyttäminen eikä toisaalta tulisi suosia käytettyjen autojen maahantuontia. Vähäpäästöisiä autoja on edelleen suosittava, mutta suosimisen olisi hyvä perustua todelliseen ympäristöystävällisyyteen. Yksinkertaisin keino taata riittävä verotulo on muokata veroprosentin määrittämisessä käytettyä verotaulukkoa. Käytännössä tämä tarkoittaisi pieni- ja suuripäästöisen auton autoveroprosentin eron kasvattamista.

Autojen käytönaikainen verotus on eräs toinen mahdollisuus. Käytön mukaan tapahtuva verotus voisi olla kilometripohjainen käyttövero tai muutos voitaisiin sisällyttää fossiilisten polttoaineiden valmisteveroon tai arvonlisäveroon. Kilometripohjaisen veron sekä polttoaineen valmisteveron käyttöönotossa tai korotuksessa on huomioitava vaikutus harvemmin asutulla seudulla Suomessa. Riskinä näissä on verotaakan siirtäminen alueille, joissa auto on välttämätön, ja vero voisi olla epäoikeudenmukainen. Polttoaineen verotuksen korottaminen toimisi kuitenkin kannustimena ladattavien hybridien lataamiselle. Kilometripohjainen vero tulisi suunnitella siten, että se kannustaa ladattavien hybridien lataamista. Yksinkertainen vero per ajettu kilometri -verotus pienentäisi lataavan ja lataamattoman käyttäjän kustannusten suhteellista eroa ja epäsuorasti kannustaisi hybridin lataamattomuutta.

Teoreettinen vaihtoehto voisi olla myös verotuksen perustan muuttaminen mitatuista hiilidioksidipäästöistä niin sanottuun well-to-wheel-analyysiin eli auton koko elinkaaren aikana tapahtuviin päästöihin. Teoriassa tällainen verotus ohjaisi parhaiten tekemään ympäristöystävällisiä ratkaisuja, mutta elinkaaren aikana tapahtuvien päästöjen arviointi on huomattavasti monimutkaisempaa kuin päästöjen arviointi testiajosyklin aikana.

## 6 Yhteenveto

Henkilöautojen toteutuneiden hiilidioksidipäästöjen tutkimisen tavoitteena oli saada luotettavaa tietoa todellisten ja valmistajan ilmoittamien kulutus- ja päästöarvojen toteutumisesta. Lisäksi tavoitteena oli selvittää mahdollisten poikkeamien syitä ja seurauksia. Tutkimukseen osallistui yhteensä 254 henkilöautoa, joista saatuja tietoja verrattiin ajoneuvotietojärjestelmästä löytyviin ilmoitettuihin arvoihin. Saatuja tuloksia vertailtiin myös vanhempiin tutkimuksiin aiheesta.

Tutkimuksessa havaittiin henkilöautojen pakokaasupäästöjen poikkeavan merkittävästi valmistajan ilmoittamista arvoista. Rajallisen tutkimusaineiston takia tarkkaa päästöjen poikkeaman määrää ei voitu luotettavasti selvittää, mutta tutkimusaineiston tarkastelu paljastaa eron kasvaneen aikaisempiin vastaaviin tutkimuksiin verrattuna. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta NEDC-mittausmenetelmän olevan riittämätön metriikka ajoneuvojen käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä arvioitaessa. WLTP-mittaukseen siirtyminen on askel oikeaan suuntaan. Työssä tehtyjä havaintoja voidaan käyttää hyödyksi yksityishenkilön kannalta autojen päästöarvoja tarkastellessa sekä valtion kannalta verotuksen uudistamista suunniteltaessa. Insinööritö työ tarjoaa objektiivisen tarkastelun jo toteutuneesta verotuksesta sekä sen perustasta. Lisäksi työ tarjoaa kehitysehdotuksia lainsäädännön uudistamisesta, kuitenkin minimoiden negatiiviset vaikutukset autoalaan.

Valitettavasti rajallisen aikataulun takia luodun aineiston määrä jäi pieneksi. Olisi ollut mielenkiintoista saada enemmän dataa erilaisista hybridiajoneuvoista mutta niiden vielä toistaiseksi pienen markkinaosuuden takia ei hybrideistä saatu toteutunutta enempää dataa. Parhaassa tilanteessa tällainen tutkimus olisi jatkuva tuoreimman tiedon saatavuuden mahdollistamiseksi.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta kestävyysvaje autoverotuksessa sekä ympäristötavoitteiden saavuttamisessa. Tilanne tulisi huomioida nopeasti ja tehdä sitovia pitkän aikavälin suunnitelmia kestävyysvajeen ratkaisemiseksi.

## Lähteet

- 1 Taloudellinen ajo - 9 vinkkiä. 2014. Verkkoaineisto. CAP-autokoulu. <<https://cap.fi/en/blog/2014-03-01-taloudellinen-ajo-9-vinkkia>>. 1.3.2014. Luettu 22.4.2020.
- 2 Selvät sävelet polttoaineen kulutukseen. Verkkoaineisto. Neste Oy <<https://www.neste.fi/polttoainekulutuksen-optimointi>>. Luettu 27.4.2020.
- 3 Skoda driving modes. Verkkoaineisto. Skoda Auto. <<https://www.skoda-auto.com/world/range>>. Luettu 27.4.2020.
- 4 Bensiiniopas. 2016. Verkkoaineisto. Neste Oy. <[https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/Bensiiniopas\\_2016.pdf](https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/Bensiiniopas_2016.pdf)>. Luettu 20.4.2020.
- 5 EPA-420-F-18-008. 2018. Verkkoaineisto. United States Environmental Protection Agency. <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100U8YT.pdf>>. Luettu 27.4.2020.
- 6 Miten liian alhainen rengaspaine vaikuttaa autoon? Ajo-ominaisuudet, turvallisuus, kulutus... 2016. Teknavi. <<https://teknavi.fi/autot/miten-liian-alhainen-rengaspaine-vaikuttaa-autoon-ajo-ominaisuudet-turvallisuus-kulutus-dot-dot-dot>>. Luettu 27.4.2020.
- 7 Renkaiden laatu vaikuttaa polttoaineenkulutukseen. 2012. Verkkoaineisto. Yleisradio. <<https://yle.fi/uutiset/3-5672058>>. Luettu 27.4.2020.
- 8 Mock, Peter; German, John; Bandivadekar, Anup & Riemersma, Iddo. 2012. Discrepancies between type approval and “real-world” fuel consumption and CO2 values. International Council on Clean Transportation. <[https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_EU\\_fuelconsumption2\\_workingpaper\\_2012.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EU_fuelconsumption2_workingpaper_2012.pdf)>. Luettu 27.4.2020.
- 9 Miten WLTP-mittaus poikkeaa aiemmasta NEDC-mittauksesta? Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[http://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus/wltp-mittaus/miten\\_mittautapa\\_muuttuu](http://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus/wltp-mittaus/miten_mittautapa_muuttuu)>. Luettu 27.4.2020.
- 10 WLTP-päästömittaus. Verkkoaineisto. Liikenne- ja Viestintävirasto. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/wltp-paastomittaus>>. Luettu 27.4.2020.
- 11 Autoverolaki. 1994. 29.12.1994/1482.

- 12 Valtion verotulot tieliikenteestä. 2019. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[http://www.aut.fi/tilastot/verotus\\_ja\\_hintakehitys/valtion\\_verotulot\\_tieliikenteesta](http://www.aut.fi/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/valtion_verotulot_tieliikenteesta)>. Luettu 24.4.2020.
- 13 Henkilöautokanta vuoden lopussa käyttövoimittain. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[http://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/autokanta\\_kayttovoimittain/henkiloautokanta\\_kayttovoimittain](http://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/autokanta_kayttovoimittain/henkiloautokanta_kayttovoimittain)>. Luettu 26.4.2020.
- 14 Autojen ensirekisteröinnit ajoneuvolajeittain. 2020. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <[http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/autojen\\_ensirekisteroinnit\\_ajoneuvolajeittain](http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/autojen_ensirekisteroinnit_ajoneuvolajeittain)>. Luettu 27.4.2020.
- 15 Ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt vuosittain. Verkkoaineisto. <[http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/paastokehitys/ensirekisteroityjen\\_henkiloautojen\\_keskimaaraiset\\_hiilidioksidipaastot\\_vuosittain](http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/paastokehitys/ensirekisteroityjen_henkiloautojen_keskimaaraiset_hiilidioksidipaastot_vuosittain)>. 7.4.2020. Luettu 27.4.2020.
- 16 Greenhouse gas emissions from transport in Europe. 2019. Verkkoaineisto. European Environment Agency. <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>>. Luettu 27.4.2020.
- 17 Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. Verkkoaineisto. Liikenne-fakta. <[https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/paastot\\_ja\\_energiankulutus](https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/paastot_ja_energiankulutus)>. Päivitetty 17.3.2020. Luettu 27.4.2020.

## Tutkimusaineisto

Muotoilun helpottamiseksi joitakin termejä on supistettu. ”Vaihteisto”-sarakeessa AT tarkoittaa automaattivaihteistoa, MT tarkoittaa manuaalivaihteistoa ja CVT portaatonta vaihteistoa. ”Hybriditaso”-sarakeessa PHEV tarkoittaa sähköverkosta ladattavaa hybridautoa ja HEV vain auton polttomoottorilla ladattavaa hybridautoa. ”HUOM”-sarakeeseen on merkitty WLTP-standardin mukaiset autot.

Merkki	Malli	Ko. vuosi	Vaihteisto	Iskutilavuus [ccm]	Suurin netto-teho [kW]	Hybriditaso	Mitattu kulutus [l/100km]	Yhdistetty [l/100km]	Yhdistetty CO2 [g/km]	HUOM
Audi	Q3	2015	AT	1395	110		9,1	6,2	145	
Audi	A4	2016	AT	1395	110		7	5,5	126	
Audi	A4	2009	AT	1984	155		13,3	7,4	172	
Audi	A3	2015	MT	1395	92		6,4	5,1	117	
BMW	225Xe	2017	AT	1499	100	PHEV	2,5	2	46	WLTP
BMW	530e	2018	AT	1998	135	PHEV	9,5	1,9	44	
BMW	318i	2019	AT	1499	100		7	8,3	178	WLTP
BMW	M135i	2014	AT	2979	235		7,9	7,8	182	
BMW	325i	2005	Ei tiedossa	2490	160		9,4	8,4	203	
BMW	320i	2017	AT	1998	135		8,4	6,1	141	
BMW	320i	2015	AT	1997	135		10,2	6,6	154	
BMW	320i	2015	AT	1997	135		8,3	6,5	152	
BMW	116i	2014	AT	1598	100		7,7	5,6	129	
BMW	116i	2013	AT	1598	100		7	5,8	134	
Citroen	C3	2013	MT	1199	60		6,4	4,6	107	
Citroen	Berlingo	2016	MT	1199	81		5,9	5,1	119	
Dacia	Sandero	2016	AT	898	66		6,9	5,1	114	
Ford	Puma	2020	MT	999	91,9	HEV	6,4	6	125	WLTP
Ford	Focus	2017	AT	999	92		6,3	5,5	125	
Ford	Fiesta	2015	MT	998	74		5,8	4,3	99	
Ford	Mustang	2018	MT	2261	233,2		9,9	8	179	
Ford	Mondeo	2015	MT	1498	118		7,4	5,8	134	
Ford	Mondeo	2014	MT	1498	118		7,2	5,9	137	
Ford	Mondeo	2015	MT	1498	118		8,2	5,9	137	
Ford	Mondeo	2016	AT	1498	118		7,7	6,5	152	
Ford	Mondeo	2015	AT	1999	149		11,1	7,3	169	
Ford	Grand C-Max	2017	MT	999	92		6,8	5,2	119	

Ford	Focus	2015	MT	999	92	6	4,7	108
Ford	Focus	2015	MT	999	92	7,2	4,7	108
Ford	Focus	2016	MT	999	92	6,4	4,7	108
Ford	Focus	2017	MT	999	92	6,3	4,7	108
Ford	Focus	2016	MT	999	92	7,2	4,7	108
Ford	Focus	2015	MT	999	92	6,6	4,8	110
Ford	Focus	2016	MT	999	92	6,4	4,8	110
Ford	Focus	2015	MT	999	92	6,2	4,8	110
Ford	Focus	2015	MT	999	92	6,2	4,8	110
Ford	Focus	2013	MT	998	92	6	5,1	117
Ford	Focus	2014	MT	998	92	6,1	5,1	117
Ford	Focus	2016	MT	1498	110	7,1	5,5	127
Ford	Focus	2017	AT	999	92	10	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	6,7	5,5	125
Ford	Focus	2016	AT	999	92	6,9	5,5	125
Ford	Focus	2018	AT	999	92	6,4	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	7,3	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	6,5	5,5	125
Ford	Focus	2016	AT	999	92	7,2	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	7,6	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	7,4	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	7,5	5,5	125
Ford	Focus	2017	AT	999	92	7,6	5,5	125
Ford	Focus	2018	AT	999	92	7,3	5,5	125
Ford	Focus	2012	MT	1596	110	9,6	6	139
Ford	Focus	2011	MT	1596	92	6,6	6	139
Ford	Focus	2010	MT	1596	74	7	6,7	159
Ford	Fiesta	2017	MT	998	59	5,8	4,3	99
Ford	Fiesta	2017	MT	998	59	7,1	4,3	99
Ford	Fiesta	2017	MT	998	59	5,9	4,3	99
Ford	Fiesta	2017	MT	998	59	5,7	4,3	99
Ford	Fiesta	2015	MT	998	59	6,1	4,3	99
Ford	Fiesta	2016	MT	998	59	6,3	4,3	99
Ford	Fiesta	2015	MT	998	74	6,9	4,3	99
Ford	Fiesta	2013	MT	998	74	5	4,3	99
Ford	Fiesta	2016	MT	998	74	6,4	4,3	99
Ford	Fiesta	2016	MT	998	74	6,3	4,3	99
Ford	Fiesta	2015	MT	998	103	5,6	4,5	104
Ford	Fiesta	2017	AT	998	74	6,6	4,9	114
Ford	Fiesta	2017	AT	998	74	6,2	4,9	114
Ford	Fiesta	2018	AT	998	73,5	6,1	5,2	118
Ford	Fiesta	2017	AT	998	73	6,1	5,2	118

Ford	Fiesta	2011	MT	1242	44		6,9	5,5	127	
Ford	Fiesta	2012	MT	1242	60		7,1	5,6	129	
Ford	Fiesta	2009	MT	1242	60		5,8	5,7	133	
Ford	Fiesta	2012	MT	1388	71		6,4	5,7	130	
Ford	Fiesta	2009	AT	1388	71		7,9	6,5	154	
Ford	EcoSport	2018	MT	998	92		5,8	5,2	119	
Ford	EcoSport	2017	MT	998	92		6,5	5,4	125	
Ford	EcoSport	2018	AT	998	92		6,4	5,8	134	
Ford	EcoSport	2018	AT	998	92		6,5	5,8	134	
Ford	EcoSport	2019	AT	998	92		7,6	5,8	134	
Ford	C-Max	2015	MT	998	92		7	5,1	117	
Honda	Insight	2009	CVT	1339	65		5,7	4,4	101	
Honda	CR-V	2007	Ei tie- dossa	1990	110		9,6	8,2	195	
Honda	Civic	2008	Ei tie- dossa	1790	103		7,2	6,6	156	
Hyundai	Tucson	2019	MT	1591	97		6,4	8,3	182	WLTP
Hyundai	Kona	2019	AT	1591	130		8,7	8,5	187	WLTP
Hyundai	i 30	2018	AT	1353	103		5,5	5,2	120	
Hyundai	i 30	2018	AT	1353	103		7,4	5,2	120	
Hyundai	i 30	2017	AT	1353	103		6,2	5,2	120	
Hyundai	i 30	2018	AT	1353	103		6,4	5,5	125	
Hyundai	i 20	2017	MT	1248	55,2		5,5	4,7	109	
Hyundai	i 20	2015	MT	1248	61,8		6,8	4,8	112	
Kia	Niro	2020	AT	1580	77,2	PHEV	4,4	1,3	31	WLTP
Kia	Stonic	2017	MT	1248	61,8		6,1	5,2	118	
Kia	Sportage	2015	MT	1591	99		7,8	6,4	149	
Kia	Soul	2017	MT	1591	97		8,2	6,7	155	
Kia	Rio	2017	MT	1248	61,8		6,4	4,7	106	
Kia	Rio	2017	MT	1248	61,8		6,1	4,7	106	
Kia	Rio	2015	MT	1248	61,8		5,9	4,7	109	
Kia	Rio	2013	MT	1396	80		6,7	5	129	
Kia	Ceed	2012	MT	1591	99		7,4	6	134	
Mazda	CX-3	2016	MT	1998	88		7,1	5,9	137	
Mazda	3	2015	AT	1998	88		6	5,6	128	
Mazda	3	2015	AT	1998	88		7,6	5,6	129	
Mercedes	E 350	2015	AT	3498	200		11,3	10,3	241	
Mercedes	C 200	2015	AT	1991	135		8,1	5,4	124	
Mercedes	B 200	2012	AT	1595	115		7,3	6,2	145	
Mercedes	B 180	2011	CVT	1699	85		9,3	7,5	177	
Mercedes	A 180	2014	AT	1595	90		7,3	5,4	127	
Mercedes	A 180	2014	MT	1595	90		7,2	5,5	128	
Mini	Cooper	2017	MT	1499	100		6,4	4,6	107	



Nissan	Qashqai	2019	CVT	1332	117	9	7,3	157	WLTP
Nissan	Qashqai	2019	MT	1332	103	6,7	7,5	156	WLTP
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2018	CVT	1197	85	8,8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2018	CVT	1197	85	7,7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2016	CVT	1197	85	7,3	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8,4	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2016	CVT	1197	85	7,6	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	6,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8,1	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2016	CVT	1197	85	6,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,2	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8,4	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,1	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2018	CVT	1197	85	7,1	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	7,8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	CVT	1197	85	8,3	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2016	CVT	1197	85	7,8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2018	MT	1197	85	6,2	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	7,5	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	CVT	1197	85	9,2	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	6,4	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	CVT	1197	85	8,4	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	7,6	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	7,8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	MT	1197	85	7,7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	CVT	1197	85	8,2	5,8	129	
Nissan	Qashqai	2015	MT	1197	85	8,8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2016	MT	1197	85	6,9	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	6,2	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2017	MT	1197	85	7,5	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	MT	1197	85	8	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2014	MT	1197	85	7,3	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2014	MT	1197	85	7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2015	MT	1618	120	6,4	5,8	134	
Nissan	Qashqai	2010	MT	1598	84	7,6	6,7	159	
Nissan	Qashqai	2009	MT	1598	84	7,2	6,7	159	

Nissan	Qashqai	2012	CVT	1997	104	8,4	7,9	182	
Nissan	Qashqai	2009	MT	1997	104	8,5	8,4	199	
Nissan	Qashqai	2015	CVT	1197	85	7	5,6	129	
Nissan	Qashqai	2013	CVT	1598	86	8,6	6,4	149	
Nissan	Pulsar	2015	MT	1197	85	5,8	5	117	
Nissan	Pulsar	2015	CVT	1197	85	6,5	5,1	119	
Nissan	Pulsar	2015	CVT	1197	85	6,9	5,1	119	
Nissan	Pulsar	2015	CVT	1197	85	5,8	5,1	119	
Nissan	Note	2014	MT	1198	59	7,3	4,7	109	
Nissan	Note	2015	MT	1198	59	6,2	4,7	109	
Nissan	Note	2010	AT	1598	82	8,1	6,8	159	
Nissan	Note	2010	AT	1598	81	7,8	6,8	159	
Nissan	Micra	2018	MT	898	66	5,8	4,4	99	
Nissan	Micra	2017	MT	999	52	6,2	4,6	103	
Nissan	Micra	2011	MT	1198	59	5,5	5	115	
Nissan	Micra	2017	MT	1198	59	6	5	115	
Nissan	Micra	2017	MT	1198	59	5,5	5	115	
Nissan	Micra	2014	MT	1198	59	5,4	5	115	
Nissan	Juke	2017	MT	1197	85	8,3	5,7	128	
Nissan	Juke	2010	MT	1598	86	6,6	6,3	147	
Nissan	Juke	2011	MT	1598	86	7,2	6,3	147	
Nissan	Juke	2015	CVT	1618	140	8,7	6,5	153	
Nissan	Juke	2016	CVT	1618	157	9,8	7,3	172	
Opel	Zafira	2019	AT	1598	100	8,3	9,2	188	WLTP
Opel	Astra+	2017	AT	999	77	6	4,3	99	
Opel	Astra	2016	MT	999	77	5,6	4,3	99	
Opel	Astra	2013	MT	1362	103	7,2	5,5	129	
Opel	Astra	2015	MT	1362	88	7,6	5,8	136	
Opel	Astra	2015	AT	1364	103	7	6,3	148	
Peugeot	3008	2011	AT	1598	115	8	7,7	178	
Peugeot	2008	2015	MT	1199	60	6,4	4,9	114	
Peugeot	308	2016	AT	1199	96	6,2	4,5	106	
Peugeot	308	2014	MT	1199	96	6,2	4,7	109	
Peugeot	308	2015	AT	1199	96	6	4,9	114	
Peugeot	208	2017	MT	1199	60	6	4,3	99	
Peugeot	208	2013	MT	999	50	5,6	4,3	99	
Peugeot	208	2016	MT	1199	60	5,1	4,5	104	
Renault	Megane	2016	MT	1197	97	6,8	5,3	119	
Renault	Clio	2015	MT	898	66	5,3	4,5	104	
Renault	Clio	2014	AT	1197	88	7,5	5,2	120	
Seat	Ateca	2016	MT	999	85	6,7	5,2	119	
Skoda	Karoq	2019	AT	1498	110	7,8	8,6	185	WLTP

Skoda	Superb	2018	AT	1798	132		7,8	5,9	135	
Skoda	Rapid	2015	MT	1197	63		5,2	4,9	114	
Skoda	Rapid	2014	MT	1197	77		8	5,1	118	
Skoda	Rapid	2015	MT	1197	77		6,3	5,1	118	
Skoda	Rapid	2014	MT	1197	77		6,6	5,1	118	
Skoda	Rapid	2014	AT	1390	90		6,7	5,5	127	
Skoda	Octavia	2017	AT	999	85		5,7	4,5	106	
Skoda	Octavia	2017	AT	999	85		5,6	4,6	107	
Skoda	Octavia	2015	AT	1197	77		6,1	5	115	
Skoda	Octavia	2015	AT	1395	103		6,3	5	116	
Skoda	Octavia	2015	AT	1395	103		6	5	116	
Skoda	Octavia	2016	AT	1197	81		6,3	4,9	113	
Skoda	Octavia	2014	AT	1395	103		5,8	5	116	
Skoda	Octavia	2014	AT	1395	103		7,3	5	116	
Skoda	Octavia	2015	MT	1197	81		6,7	4,9	114	
Skoda	Octavia	2017	MT	1395	110		6,1	5,1	119	
Skoda	Octavia	2009	AT	1390	90		6,7	6,3	147	
Skoda	Octavia	2010	AT	1798	118		7,3	6,6	155	
Skoda	Octavia	2006	Ei tie- dossa	1980	147		9,3	7,9	190	
Skoda	Fabia	2017	MT	999	70		5,3	4,4	101	
Skoda	Fabia	2017	MT	999	70		5,8	4,4	101	
Skoda	Fabia	2015	AT	1197	81		5,9	4,7	109	
Skoda	Fabia	2016	AT	1197	81		6,2	4,7	109	
Skoda	Fabia	2015	MT	1197	66		4,9	4,7	107	
Skoda	Fabia	2016	MT	1197	66		5	4,7	107	
Skoda	Fabia	2015	MT	1197	81		6,5	4,8	110	
Skoda	Fabia	2014	AT	1390	132		8,2	6,2	148	
Suzuki	SX4	2012	MT	1586	88		7	6,5	149	
Toyota	Corolla	2019	CVT	1798	72	HEV	4,6	5	113	WLTP
Toyota	Auris	2018	CVT	1798	73	HEV	5,2	5,4	116	WLTP
Toyota	Auris	2018	CVT	1798	73	HEV	5,2	5,4	112	WLTP
Toyota	Yaris Hyb- rid	2017	CVT	1497	54	HEV	5,6	3,3	75	
Toyota	Yaris Hyb- rid	2017	CVT	1497	54	HEV	5,8	3,6	82	
Toyota	Yaris Hyb- rid	2018	CVT	1497	54	HEV	5,5	3,6	82	
Toyota	Rav4	2017	CVT	2494	114	HEV	6,8	4,9	115	
Toyota	Rav4	2016	CVT	2494	114	HEV	8,4	5	117	
Toyota	Yaris	2013	CVT	1329	73		6,6	5,1	118	
Toyota	Verso	2013	CVT	1329	73		6,4	5	117	
Toyota	Verso	2011	MT	1329	73		6,4	5,4	125	

Toyota	Corolla	2014	CVT	1598	97		8,1	5,6	130	
Toyota	Corolla	2011	MT	1598	97		7,3	6,5	150	
Toyota	Avensis	2015	CVT	1798	108		7,2	6,1	140	
Toyota	Avensis	2015	CVT	1798	108		7,2	6	142	
Toyota	Avensis	2012	MT	1598	97		7,7	6,5	150	
Toyota	Avensis	2015	CVT	1798	108		9,4	6,7	154	
Toyota	Avensis	2009	CVT	1798	108		7,8	6,7	158	
Toyota	Avensis	2006	Ei tie- dossa	1790	95		7,6	7,2	172	
Toyota	Auris	2015	MT	1197	85		6,7	4,8	112	
Toyota	Auris	2010	MT	1329	74		7,2	5,8	136	
Toyota	Auris	2012	CVT	1598	97		7,1	5,7	134	
Toyota	Auris	2014	CVT	1598	97		6,8	6	139	
Volkswagen	Passat	2017	AT	1395	115	PHEV	3,1	1,7	38	
Volkswagen	Touareg	2007	Ei tie- dossa	4160	257		14,8	13,8	329	
Volkswagen	Tiguan	2016	MT	1395	92		7,4	6	137	
Volkswagen	Polo	2015	MT	1197	66		5,1	4,7	107	
Volkswagen	Passat	2011	AT	1390	90		7,3	6	138	
Volkswagen	Passat	2009	MT	1798	118		7,7	7,8	186	
Volkswagen	Golf	2016	MT	1197	63		6,3	4,9	113	
Volkswagen	Golf	2010	AT	1390	90		6,9	6	139	
Volvo	V40	2019	AT	1498	90		8,9	7,4	156	WLTP
Volvo	V40	2013	AT	1984	132		8,6	8	187	