

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2019

Joni Tyynelä

# UUSIUTUVA DIESELPOLTTOAINE SUOMESSA

**TURKU AMK**   
TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

Joni Tyynelä

## UUSIUTUVA DIESELPOLTTOAINE SUOMESSA

Tämä opinnäytetyö tehtiin Turun ammattikorkeakoululle.

Ilmastonmuutos, liikenteen päästöt ja raakaöljyvarojen ehtyminen asettavat uusia vaatimuksia autoteollisuudelle sekä lainsäätäjille. Osa autonvalmistajista on ilmoittanut dieselautojen valmistamisen lopettamisesta, koska nykyaikaisten pakokaasujen jälkikäsittelylaitteiden asentaminen erityisesti pieniin dieselautoihin tulee liian kalliiksi. Myös kansallisella tasolla on jopa kaavailtu polttomootori- ja erityisesti dieselautojen myynnin kieltämistä. Dieseltekniikan kuitenkin ollessa välttämätöntä, yksi keino vähentää päästöjä kasvihuonekaasujen näkökulmasta on käyttää uusiutuvista lähteistä valmistettuja polttoaineita.

Tässä työssä tavoitteena on tehdä yhteenveto Suomen tieliikenteessä olevien dieselautojen tyyppillisistä lähi- ja kasvihuonepäästöistä sekä tarkastella uusiutuvan dieselin roolia kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Lisäksi työssä keskitytään lukuihin lähinnä Suomen osalta ja nimenomaan tieliikenteen osalta. Tavoitteena on tehdä selvitys uusiutuvasta dieselistä Suomessa sekä tarkastella tilannetta laajamittaisemman käytön kannalta.

Työssä tarkastellaan niitä tekijöitä, jotka muodostavat hiilidioksidipäästöjä, sekä selvitetään uusiutuvan dieselin vaikutusta näihin päästöihin kokonaiskuvaan ajatellen. Opinnäytetyö toteutettiin internet- ja kirjallisuuslähteisiin perustuvana tutkielmana. Tieliikenteen aiheuttamien päästöjen luvuissa materiaalina käytettiin Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen (VTT) laskentajärjestelmää (LIPASTO) sekä Tilastokeskuksen avointa dataa.

Tämän hetken näkymä on, että kansallisessa ilmastostrategiassa uusiutuvien liikennepolttoaineiden lisääminen on välttämätöntä riittävien ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Se, kuinka suuri tarve uusiutuvalla dieselillä lähivuosina on, riippuu pitkälti lyhyelle aikavälille asetetuista kansallisista ilmastotavoitteista ja tämän myötä muiden vähäpäästöisiä käyttövoimia hyödyntävien, kuten sähkö- ja biokaasuautojen yleistymisestä.

Työn tuloksena syntyi selvitys uusiutuvan dieselin tilanteesta Suomessa ja sen merkityksestä osana niitä keinoja, joilla pyritään vähentämään liikenteen päästöjä.

### ASIASANAT:

Uusiutuva diesel, biodiesel, hiilidioksidi, päästöt, ilmastonmuutos

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2019 | Total number of pages 37, 3 appendices

Joni Tyynelä

## RENEWABLE DIESEL FUEL IN FINLAND

This Bachelor's thesis was carried out for Turku University of Applied Sciences.

Climate change, traffic emissions and decreasing crude oil reserves set new requirements for the car industry and legislators. Some car manufacturers have announced to end production of new diesel vehicles because the installation of modern exhaust after-treatment equipment, especially for small diesel cars, is too expensive. Also there is a plan to ban the sale of the combustion engine and especially diesel engines in national level. However, when diesel technology is necessary, one way to reduce emissions from the point of view of greenhouse gases is to use fuels from renewable sources.

The aim of this thesis was to provide an overview of all typical road traffic pollution emissions that comes from diesel vehicles in Finland and inspect the role of renewable diesel in reducing greenhouse gases. This thesis also focuses the figures for Finland and specific figures of road traffic pollutions. In this thesis are focused on those factors that create carbon dioxide emissions and determines the impact of renewable diesel on road traffic pollutions. This thesis study is based on internet and literature sources. Emissions caused by road traffic numbers are from the Technical Research Centre of Finland (VTT) and open data from Statistics Finland.

Currently the key factor in National energy and climate Plan is to increase the volume of renewable road traffic fuels to reach climate change targets. How great the need is for renewable traffic fuels in next few years depends largely on how many vehicles that use alternative power sources such as electricity and natural gas and national level climate targets.

As a result of this thesis, the situation of renewable diesel in Finland was surveyed and how it is part of the means to reduce traffic emissions.

KEYWORDS:

renewable diesel, biodiesel, carbon dioxide, emissions, climate change

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 ILMASTONMUUTOS</b>	<b>8</b>
2.1 Ilmakehä ja kasvihuoneilmiö	8
2.2 Kasvihuonekaasut	9
2.3 Hiilidioksidi	9
<b>3 LIIKENNE PÄÄSTÖJEN LÄHTEENÄ</b>	<b>11</b>
3.1 Ajoneuvokanta	12
3.2 Säännellyt päästöt	14
<b>4 DIESELMOOTTORI</b>	<b>16</b>
4.1 Diesel ajoneuvokäytössä	16
4.2 Dieselautojen tuottamien päästöjen koostumus	17
<b>5 DIESELPOLTTOAINEET</b>	<b>19</b>
5.1 Vaatimukset	19
5.1.1 Setaaniluku	19
5.1.2 Suodatettavuus	20
5.1.3 Tiheys	20
5.1.4 Viskositeetti ja voitelevuus	21
5.1.5 Tislausalue	21
5.1.6 Rikkipitoisuus	21
5.2 Fossiilinen diesel	22
5.3 Biodiesel	23
5.4 Uusiutuva diesel	25
5.4.1 Uusiutuvan dieselin nykytila Suomessa	26
5.4.2 Uusiutuvan dieselin ympäristövaikutukset	27
<b>6 LAKIVELVOITTEET</b>	<b>30</b>
6.1 Liikenteen päästövähennystavoitteet	30
6.2 Jakelovelvoite	31

<b>7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>33</b>
<b>8 YHTEENVETO</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>35</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Kasvihuonekaasujen elinikä ja ilmastolämmityspotentiaali  
Liite 2. Suomen hiilidioksidipäästöt sektoreittain  
Liite 3. Dieselpolttoaineiden tärkeät ominaisuudet, EN 590

## **KUVAT**

- Kuva 1. Uusiutuva diesel palaa puhtaam-  
min. 26  
Kuva 2. Nesteen uusiutuvan dieselin raaka-aineet ovat osittain peräisin tavallisista koti-  
talouksista. 29

## **KUVIOT**

- Kuvio 1. Hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu ilmakehässä viimeisen 10 000 vuoden aikana  
ja vuodesta 1750 nykypäivään. 10  
Kuvio 2. Liikennekäytössä olevat autot käyttövoimittain vuonna 2017. 12  
Kuvio 3. Liikennekäytössä olevien vaihtoehtoisia käyttövoimia ja polttoaineita  
käyttävien autojen jakauma. 13  
Kuvio 4. Uusien henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt. 14  
Kuvio 5. Tyypillinen dieselpakokaasun koostumus. 17  
Kuvio 6. Dieselautojen tuottamat päästöt suhteessa liikenteen kokonaispäästöihin  
vuonna 2016. 18  
Kuvio 7. Fossiilisen polttoaineen sekä biopolttoaineen hiilikierto. 23  
Kuvio 1. Jakeluvélvoite 2013-2020. 31

## **TAULUKOT**

- Taulukko 1. Tieliikenteen päästömuutokset Suomessa vuosina 1990–2016. 11  
Taulukko 2. Dieselautojen Euro 5 ja 6 luokkien päästörajat. 14  
Taulukko 3. Kotimaisen uusiutuvan dieselin nykytila vuonna 2018. 27

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CFPP	Cold Filter Plugging Point, dieselpolttoaineen alin suodatettavuuslämpötila
Diesel	Raakaöljyn jakotislauksesta saatava keskitislejää
EGR	Exhaust Gas Recirculation, pakokaasun takaisinkierrätys
FAME	Fatty Acid Methyl Ester, rasvahapon metyyliesteri
GWP	Global Warming Potential, ilmastoa lämmittävä potentiaali
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil, vetykäsitelty kasviöljy
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
JRC	The Joint Research Centre, Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus
KTOE	Thousand tonnes of oil equivalent, kilotonnia öljykvivalenttia
NEXBTL	Next Generation Biomass to Liquid, Nesteen nimitys HVO-tyyppiselle eläinrasvoista ja kasviöljyistä valmistetulle toisen sukupolven uusiutuvalle dieselpolttoaineelle
PM	Particulate Matter, partikkelipäästöt
RME	Rape seed Methyl Ester, rypsimetyyliesteri
YK	Yhdistyneet kansakunnat
SCR	Selective Catalytic Reduction, valikoiva katalyyttinen pelkistäminen, joka vähentää typen oksidien (NO <sub>x</sub> ) päästöjä
UPM	United Paper Mills, suomalainen metsäteollisuusyhtiö

# 1 JOHDANTO

Hiilidioksidilla on suurin merkitys ilmaston lämpenemisessä ja tästä seuranneesta ilmastomuutoksessa. Maailman, myös Suomen liikenne pitkälti perustuu fossiilisten polttoaineiden käyttöön. Kasvihuonekaasuista 75 % on peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä, jossa liikenne on isossa roolissa. (CO<sub>2</sub>-raportti 2019.) Lähes kaikilla teollisuusmaiden päättäjillä on yhteinen tavoite vähentää ilmastomuutoksen aiheuttavia kasvihuonepäästöjä tulevaisuudessa.

Tavoitteiden saavuttamiseksi on oltava lukuisia eri toteutusmalleja ja valtioiden välistä yhteistyötä, jotta pystyttäisiin pureutumaan parhaiten ilmakehän koostumusta huonontaviin tekijöihin. Suunta on, että fossiilisten polttoaineiden riippuvuudesta hankkiudutaan eroon ja korvaavat, ympäristöystävälliset sekä energiatehokkaat vaihtoehdot liikkumiseen ottaisivat enemmän sijaa markkinoilla.

Pitkien välimatkojen maassa, kuten Suomessa, tarvitaan liikennettä henkilöiden ja tavarankuljettamiseen. Suomessa autokannan keski-ikä on Euroopan mittapuulla vanhaa, ja erityisen voimakasta muutosta kannan uudistumisen suuntaan ei ole odotettavissa. Kehittyneet biopolttoaineet ovat tehokas ja nopea ratkaisu haasteeseen vähentää liikenteen kasvihuonekaasuja. Erityisesti uusiutuvalla dieselillä on suuri potentiaali saavuttaa välittömiä päästövähennyksiä, koska sitä voidaan monesta biopolttoaineesta poiketen käyttää sellaisenaan, eikä autoon tarvitse myöskään tehdä teknisiä muutoksia. Lisäksi vientivetoisen Suomen maantielogistiikalla on suuri rooli, eikä kalustoon ole tällä hetkellä kustannustehokkaita ja järkeviä vaihtoehtoja korvaamaan dieselmoottoria.

Uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämiseksi on tehty myös lainsäädäntöjä kansallisella tasolla. Suomessa tämä laki velvoittaa jakelijoita toimittamaan biopolttoaineita kulutukseen siten, että niiden polttoaineen osuus toimitettavien bensiinien, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä kasvaa vuosi vuodelta. Esimerkiksi vuonna 2016 tämä osuus oli 10,0 prosenttia ja vuonna 2017 osuus oli 12,0 prosenttia. (Energiavirasto 2018.)

## 2 ILMASTONMUUTOS

YK:n hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n mukaan ilmastomuutoksella tarkoitetaan mitä tahansa ilmaston muuttumista ajan myötä joko ihmisen toiminnan tai luonnollisten vaihteluiden seurauksena. YK:n ilmastosopimuksessa ilmastomuutoksella viitataan suoraan tai epäsuoraan muutokseen, joka on ihmisen toiminnalla aiheutettua ilmakehän koostumuksen muuttumista. Ilmastomuutos on tämän aikakauden merkittävin ympäristöuhka, joka johtuu hiilidioksidin ja muiden kasvihuoneilmiötä lisäävien kaasupitoisuuksien kasvusta ilmakehässä. (CO<sub>2</sub>-raportti 2019.)

### 2.1 Ilmakehä ja kasvihuoneilmiö

Ilmakehä on maapalloa ympäröivä kaasukehä, jonka paksuudelle ei ole tarkkaa määritelmää. Kaasukehä yltää aina 500 kilometriin saakka, mutta jo 50 kilometrin korkeudessa paine laskee merkittävästi. Ilmakehä koostuu ilmasta, jonka yleisimmät kaasut ovat typpi (78 til-%) ja elämän kannalta olennaisin happi (21 til-%). Hiilidioksidia ilmakehässä on tällä hetkellä noin 0,04 til-%. (National Institute of Water & Atmospheric Research 2019); (Ikonen 2018.)

Ilmakehä päästää auringosta tulevan säteilyn lävitseen, mutta samalla estää lämpösäteilyä karkaamasta avaruuteen. Tämän lämpöä pidättävän eli ns. kasvihuoneilmiön ansiosta maapallon lämpötila on noin +14 °C, kun se olisi -18 °C ilman kasvihuoneilmiötä. Luonnollinen kasvihuoneilmiö ei siis itsessään ole ongelma, vaan se mahdollistaa nykyisen kaltaisen elämän maapallolla. (ilmasto.org 2019a.) Ongelmaksi muodostuu ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuoneilmiön voimistuminen.

Ihmisen toiminta maapallolla vaikuttaa ilmakehän koostumukseen monien syyden vuoksi. Olennaisimmat tekijät ovat kasvihuonekaasu- ja hiukkaspitoisuuksien kasvu ilmakehässä sekä hiilidioksidia sitovan kasvillisuuden vähentyminen. Nämä aiheuttavat kasvihuoneilmiön voimistumista ja ilmaston lämpenemistä. Lämpenemisen seurauksena vuoristojäätiköt ovat alkaneet vetäytyä voimakkaasti ja jo nyt trooppisten alueiden vuoristojäätiköt ovat menettäneet massansa merkittävästi, jopa 80 prosenttia. Lisäksi jo ennestään kuivat alueet kuivuvat entisestään ja kosteilla alueilla sateet lisääntyvät. (CO<sub>2</sub>-raportti 2019); (ilmasto.org 2019a.)



## 2.2 Kasvihuonekaasut

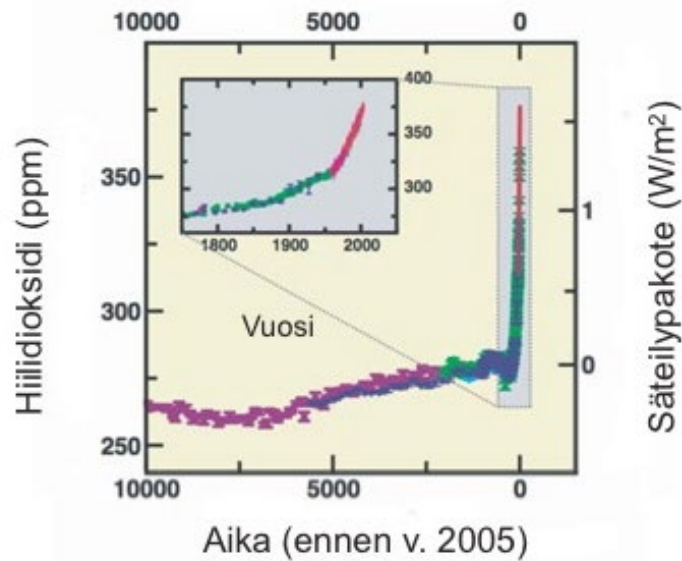
Kasvihuonekaasuiksi kutsutaan niitä kaasuja, jotka aiheuttavat kasvihuoneilmiötä. Ilmanmuutosta aiheuttavia luonnossakin esiintyviä kaasuja ovat vesihöyry ( $H_2O$ ), hiilidioksidi ( $CO_2$ ), metaani ( $CH_4$ ), dityppioksidi ( $N_2O$ ). Myös ajoneuvotekniikassa käytetyt syntetiset kemikaalit kuten kloorifluoratut hiilivedyt (CFC:t ja HCFC:t), bromiyhdisteet (halonit esim,  $CF_3Br$ ) ja fluoriyhdisteet (HFC:t, PFC:t) ovat erittäin voimakkaita kasvihuonekaasuja.

Luonnollisen kasvihuoneilmiön kannalta tärkein kaasu on vesihöyry, jota muodostuu myös polttoaineen palaessa tapahtuvassa hapetusreaktiossa. Kuitenkin ilmakehän vesihöyrypitoisuudet pysyvät kutakuinkin vakiona ihmisen toiminnasta riippumatta. Lisäksi veden elinaika ilmakehässä kestää noin viikon, kun hiilidioksidin elinaika on 50-200 vuotta. Kasvihuonekaasut pystyvät sitomaan lämpösäteilyä tietyillä aallonpituuksilla molekyyliarakenteensa ansiosta ja siten muuttamaan saamansa energian uudelleen säteilyksi lämmittämään maan pintaa. (ilmasto.org 2019b); (Natura 2018.)

Kasvihuonekaasujen määrän lisääntyminen ilmakehässä vähentää auringosta peräisin olevan lämpösäteilyn määrää takaisin avaruuteen, mistä aiheutuu positiivinen säteilypakote. Säteilypakote kuvaa sitä energiaepätasapainoa, jonka kasvihuonekaasut ovat ilmastojärjestelmässä saaneet aikaan. Säteilypakote määritellään säteilytehon määrällä neliometriä kohden ( $W/m^2$ ). (Ilmasto-opas 2019a.)

## 2.3 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi ( $CO_2$ ) on hajuton ja väritön kaasu. Hiilidioksidi on olennainen osa luonnon kiertokulkua ihmisten, eläinten ja kasvien välillä. Tuotamme siis itsekkin hiilidioksidia ilmakehään uloshengityksen mukana. Hiilidioksidia syntyy myös hiilivety-polttoaineiden palamisessa, kuten fossiilisia polttoaineita käyttävissä voimaloissa ja autojen polttomootoreissa. Hiilidioksidia pidetäänkin ihmiskunnan suurimpana jätteenä. Varsinkin fossiilisten polttoaineiden käyttö on johtanut siihen, että hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on kasvanut 280 ppm:stä 370:een, eli kolmanneksella teollisen vallankumouksen jälkeen (kuvio 1). ( $CO_2$  raportti 2019); (ilmasto.org 2019c.)



Kuvio 2. Hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu ilmakehässä viimeisen 10 000 vuoden aikana ja vuodesta 1750 nykypäivään (ilmasto.org 2019c).

Hiilidioksidin osuus ilmakehässä on melko pieni, mutta sen fysikaaliset ominaisuudet tekevät sen merkittäväksi ilmastomuutoksen kannalta. Ongelmallista on, että se absorboi säteilyä voimakkaasti 15 mikrometrin alueella, jolla maapallon lämpösäteily on voimakkaimmillaan. (ilmasto.org 2019c.)

Kasvihuonekaasuja ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina. Tämä tarkoittaa, että eri kasvihuonekaasujen ilmastomuutosta aiheuttava vaikutus yhteismitallisetään hiilidioksidiekvivalenteiksi ns. GWP-kertoimien avulla. Hiilidioksidille GWP-arvo on 1, jolloin hiilidioksidi lasketaan ekvivalenttipäästöihin sellaisenaan. Muiden tyypillisten kasvihuonekaasujen kuten metaanin ( $\text{CH}_4$ ) ja typpioksiduulin ( $\text{N}_2\text{O}$ ) GWP-arvot on määritelty vertaamalla niiden yhden kilogramman päästön aiheuttamaa säteilypakotetta ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) hiilidioksidin vastaavaan arvoon. Liitteestä 1 nähdään eri kasvihuonekaasujen elinaika ilmakehässä sekä niiden suhteellinen vaarallisuus hiilidioksidiin verrattuna. (Tilastokeskus 2018); (ilmasto.org 2019b.)

### 3 LIIKENNE PÄÄSTÖJEN LÄHTEENÄ

Autojen pakokaasupäästöt johtuvat hiilivetypolttoaineen palamisesta. Ihanteellisesti bensiiniä tai dieselöljyä polttava moottori tuottaisi pakokaasuina ainoastaan hiilidioksidia ja vesihöyryä. Moottorit kuitenkin tuottavat eri käyttöolosuhteiden seurauksena osittain palaneita tai palamattomia polttoaineosia sekä palamisen sivutuotteita, joista useimmat ovat terveydelle haitallisia. (Motiva 2018a.)

Pakokaasupäästöjä on onnistuttu vähentämään merkittävästi jo 1970-luvulta lähtien, mutta liikenteen määrän kasvu ja auton omistamisen yleistymisen on hidastanut päästöjen kokonaismäärän pienenemistä. Kuitenkin, edistyneiden polttoaineiden ja kehittyneiden pakokaasujen puhdistuslaitteiden ansiosta ollaan terveydelle haitallisia päästöjä saatu leikattua parhaiten kuten taulukosta 1 nähdään. Katalysaattoriautojen yleistymisen vuoksi, terveydelle haitalliset päästöt ovat vähentyneet 75-100 prosenttia sitten 1990-luvun. Kuitenkaan hiilidioksidipäästöjä ole saatu vähenemään terveydelle haitallisten pakokaasupäästöjen tavoin. (Motiva 2018b.)

Taulukko 1. Tieliikenteen päästömuutokset Suomessa vuosina 1990–2016 (Motiva 2018b).

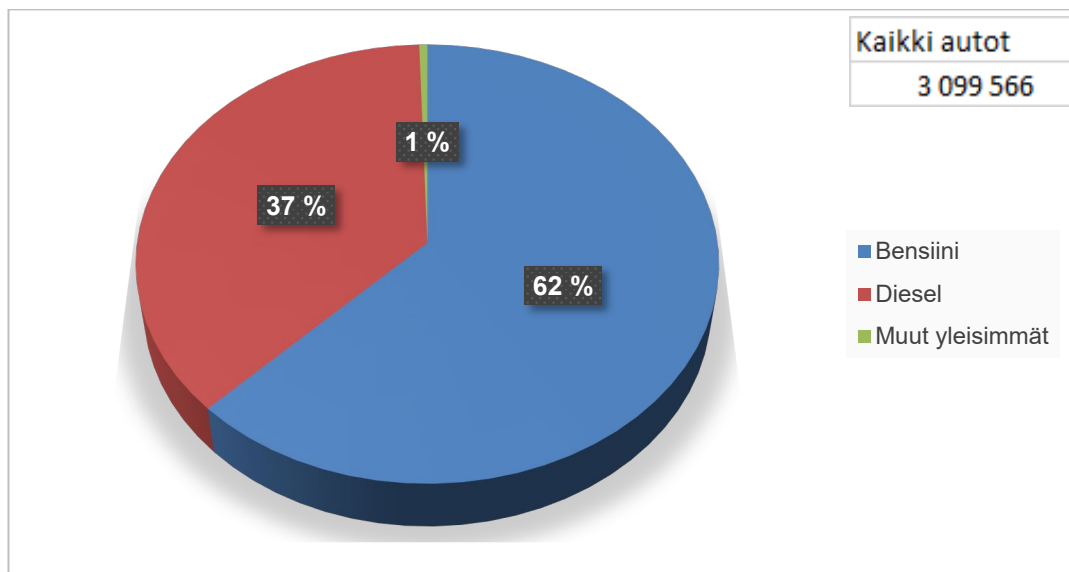
Päästölaji	Vuotuiset päästöt, 1000 tonnia						Muutos 1990–2016
	1990	2000	2005	2010	2015	2016	
CO <sub>2</sub>	10 800	10 800	11 800	11 600	10 300	11 500	+6,5 %
CO	468	373	291	187	101	60	-87,2 %
HC	68	43	27	13	7,8	6,7	-90,1 %
NO <sub>x</sub>	134	93	75	49	36	33	-75,4 %
Hiukkaset	8	4,5	3	1,8	1,1	1,0	-87,5 %
SO <sub>2</sub>	5,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	-100,0 %

Vuonna 2017 Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 55,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrä on vähentynyt 13% vuodesta 2005 vuoteen 2015, mutta tästä huolimatta liikenne tuottaa edelleen noin viidennes Suomen kaikista kasvihuonepäästöistä (Liite 2). Matkustajakilometriä kohden päästömäärät vaihtelevat suuresti eri liikennemuotojen välillä. Erityisesti lentoliikenne on suuri päästön tuottaja. (Tilastokeskus 2018); (CO<sub>2</sub>-raportti 2019); (Autoalan tiedotuskeskus 2019a.)

Hiilidioksidipäästön määrä on suoraan suhteessa käytetyn polttoaineen määrään, ja käytetyn polttoaineen määrä on suoraan suhteessa ajosuoritteisiin. Yksittäisen ajoneuvon ajosuoritteen polttoaineenkulutuksen muodostavat ajovastukset. Ajoneuvon ajovastuksiin vaikuttaa massa, aerodynaamiset ominaisuudet, vierintävastukset sekä moottorin hyötysuhde. Kuljettajan polttoainetta säästävällä ajotavalla sekä valinnalla käyttää uusiutuvia polttoaineita voidaan vähentää ympäristökuormaa huomattavasti. (Liikennefakta 2019a.)

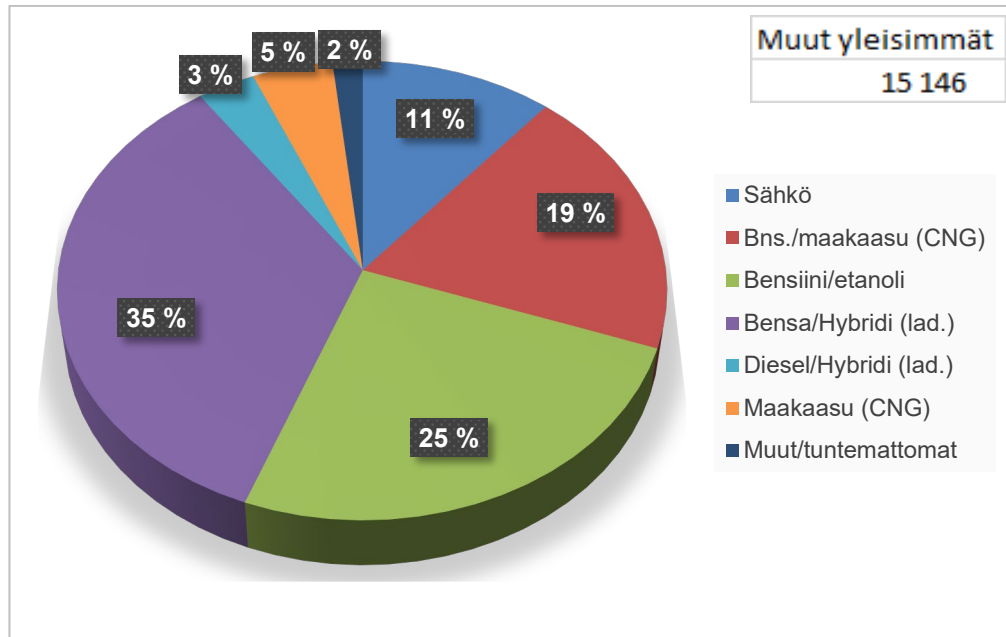
### 3.1 Ajoneuvokanta

Suomessa on liikennekäytössä yli 3 miljoonaa autoa ml. henkilö-, kuorma-, linja- sekä pakettiautot. Merkittävä enemmistö liikennekäytössä olevista autoista käyttää yhä perinteisiä voimanlähteitä, kuten bensiiniä tai dieseliä (kuvio 2).



Kuvio 3. Liikennekäytössä olevat autot käyttövoimittain vuonna 2017.

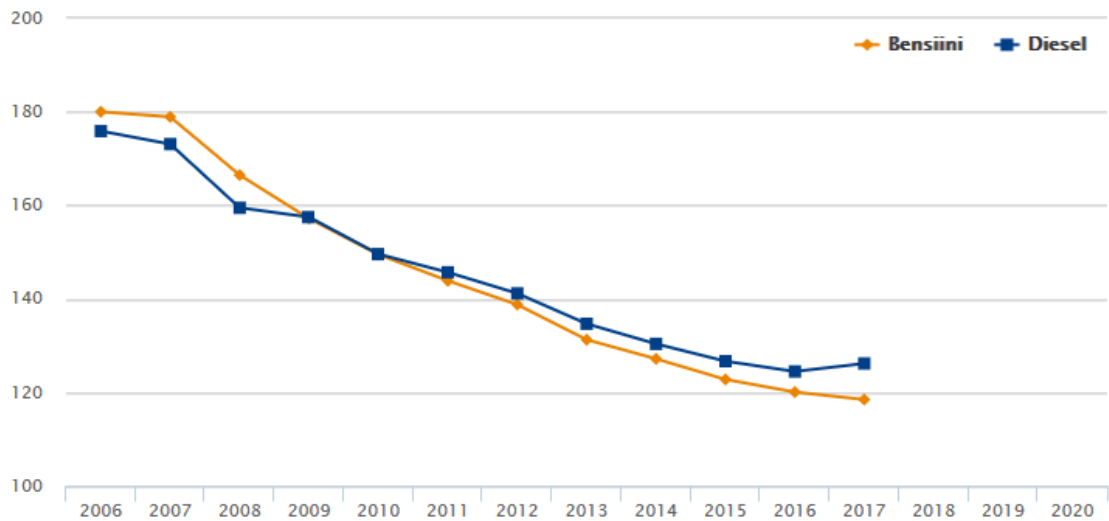
Vaihtoehtoisilla käyttövoimilla tai polttoaineilla (kuvio 3) kulkevien henkilöautojen osuus vuoden 2018 lopussa oli 0,9 prosenttia. Vastaava luku vuoden 2017 lopussa oli 0,5 prosenttia ja vuoden 2016 lopussa 0,3 prosenttia. (Liikennefakta 2019b.)



Kuvio 4. Liikennekäytössä olevien vaihtoehtoisia käyttövoimia ja polttoaineita käyttävien autojen jakauma.

Viime vuosina vaihtoehtoisten käyttövoimien osuudessa on menty eteenpäin, mutta 2030 tavoiteluvusta ollaan kaukana. Tavoitteen mukaan Suomessa pitäisi tuolloin olla vähintään 250 000 sähkökäyttöistä autoa (täyssähköautot ja ladattavat hybridit) sekä 50 000 kaasukäyttöistä autoa. (Liikennefakta 2019c.)

Lisäksi autokannan keski-ikä on yksi Euroopan vanhimmista. Jo pelkästään autokannan uusimisella vähennettäisiin liikenteen kokonaispäästöjä, koska uudet autot ovat pienemmän ominaskulutuksen vuoksi vähäpäästöisempiä. Uusien autojen hiilidioksidipäästöt (kuvio 4) ovat vähentyneet 2010-luvulla keskimäärin 3,6 % vuodessa. (Autoalan tiedotuskeskus 2019b.) Dieselautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt ovat hieman bensiiniautoja korkeammat, koska dieseliä käytetään usein isompien henkilöautojen voimantehonlähteenä.



Kuvio 5. Uusien henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt (LiikenneFACTA 2017).

### 3.2 Säännellyt päästöt

Säännellyillä päästöillä tarkoitetaan polttoaineen epätäydellisessä palamisessa syntyviä yhdisteitä, jotka ovat usein terveydelle haitallisia. Näitä päästöjä rajoitetaan erilaisilla lainsäädännöillä suurimmassa osassa maailmaa. Euroopassa autojen terveydelle haitallisia päästöjä säädellään Euro-luokituksella. Taulukossa 2 on esimerkki kahden uusimman Euro-luokan päästörajoista sekä niiden tiukentumisesta uudistuksen myötä.

Taulukko 2. Dieselautojen Euro 5 ja 6 luokkien päästörajat (Motiva 2019).

Diesel	voim. kaikille	CO	PM	NO <sub>x</sub>	HC + NO <sub>x</sub>
Euro 5	1/2011	500 mg/km	5 mg/km	180 mg/km	230 mg/km
Euro 6	9/2015	500 mg/km	5 mg/km	80 mg/km	170 mg/km

Lainsäädännöllä säänneltyjä päästöjä ovat seuraavat:

Hiilimonoksidi (CO), jota syntyy, kun hiilivetyperusteisen polttoaineen kaikki hiiliatomit eivät saa riittävästi happea. Hiilimonoksidin lähteenä ovat pääasiassa vanhat bensiinikäyttöiset henkilöautot.

Hiilivedyt (HC), eli palamattomat tai osittain palaneet polttoaineen hiilivetykomponentit, jotka kulkeutuvat yleensä sellaisenaan moottorin läpi. On myös mahdollista, että poltto-

aineen hiilivetyketjut katkeavat (krakkautuvat) tai yhdistyvät (polymeroituvat), joten pakokaasun mukana saattaa tulla muita kuin itse polttoaineen sisältämiä yhdisteitä. (Motiva 2018a.)

Hiukkaspäästöt (PM) eli partikkelit ovat nestemäisiä tai kiinteitä hiukkasia, joita syntyy palotilassa. Hiukkasia syntyy, kun polttoainepisara palaa epätäydellisesti jättäen jäljelle nokiytimen. Polttoaineiden, voiteluaineiden aerosolit tiivistyvät myös nokeen. Hiukkaset ( $PM_{10}$ ), erityisesti alle 10 mikrometrin ( $\mu m$ ) läpäisevät hengitysteiden suojaimekanismit ja vaikuttavat täten heikentävästi ihmisten terveyteen Halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin hiukkasia kutsutaan pienhiukkasiksi ( $PM_{2,5}$ ), jotka ovat terveyden kannalta kaikkein ongelmallisimpia, koska tunkeutuvat syvälle hengitysteihin. (Motiva 2018a); (Liikennejärjestelmä 2014.)

Typen oksidit ( $NO_x$ ) ovat palamisen sivutuotteita, joita syntyy moottorin korkeassa paineessa ja lämpötilassa, kun ilmassa oleva typpi yhdistyy hapen kanssa. Erityisesti typen oksideja pidetään dieselmootoreiden ongelmana ja niitä on pyritty vähentämään pelkistävillä SCR-katalysaattoreilla sekä EGR-järjestelmillä. (Motiva 2018a.) Typenoksidit ovat ilmansaaste, jotka ärsyttävät hengitysteitä ja pahentavat hengitystiesairauksista kärsivien oireita.

Hiilidioksidipäästölle ei ole lainsäädännöllistä automallikohtaista enimmäisrajaa, mutta Euroopassa niiden määrää säännellään valmistajille asetetuilla päästötavoitteilla. Nämä päästötavoitteet tulevat voimaan liukuvasti siten, että esimerkiksi siirtymävuosien 2012 – 2015 päätyttyä valmistajakohtainen keskiarvo oli 130 g/km. Seuraavat tavoite on vuodelle 2021, jolloin kaikkien uusien rekisteröitävien autojen vastaava keskiarvo tulee olla 95 g/km. Mikäli tavoitevuoden keskiarvo ylittyy, joutuu autovalmistaja maksamaan sakkoa jokaisesta rekisteröidystä autosta. Autonvalmistajat voivat kuitenkin olla osana konsernia, jolloin päästövähennystavoitteiden keskiarvo lasketaan konserniin kuuluvien valmistajien kesken. (Autoalan keskusliitto 2019); (Autoalan tiedotuskeskus 2019c); (Euroopan komissio 2019.)

Pitkällä tähtäimellä tiukentuva  $CO_2$ -päästönormi johtaa autonvalmistajia ottamaan lisääntyvässä määrin käyttöön vaihtoehtoisia sekä energiatehokkaampia ratkaisuja, kuten sähkö- ja hybriditeknologiaa. Polttoaineiden kohdalla kehitys johtaa uusiutuviin polttoaineisiin tai niiden komponentteihin, kuten kasviöljypohjaiseen dieseliin ja etanoliin. (Autoalan keskusliitto 2019.)

## 4 DIESELMOOTTORI

### 4.1 Diesel ajoneuvokäytössä

Auton dieselmoottori on toimintaperiaatteeltaan monilta osin bensiinimoottorin kaltainen. Perusidea on, kuten muissakin polttomoottoreissa, muuttaa polttoaineen sisältämä energia mekaaniseksi liikkeeksi. Moottori toimii sisäisellä ja siten heterogeenisellä seoksenmuodostuksella, jossa höyrystynyt polttoaine syttyy puristustahdin aikana kohonneen paineen ja täten kuumenneen ilman vaikutuksesta. Uusissa dieselmoottoreissa polttoaine syötetään suoraan sylinteriin, mutta vanhemmissa moottoreissa polttoaine syötetään esikammioihin. Koska polttoaine sytytetään puristamalla, joutuu moottori suurempien mekaanisten rasituksen alaiseksi verrattuna esimerkiksi bensiinimoottoriin, jossa seos sytytetään kipinän avulla. Tästä syystä dieselmoottorit on jouduttu rakentamaan vahvemmiksi, mikä tekee niistä samankokoisia bensiinimoottoreita raskaampia. (Bosch 2003, 418); (Motiva 2016.)

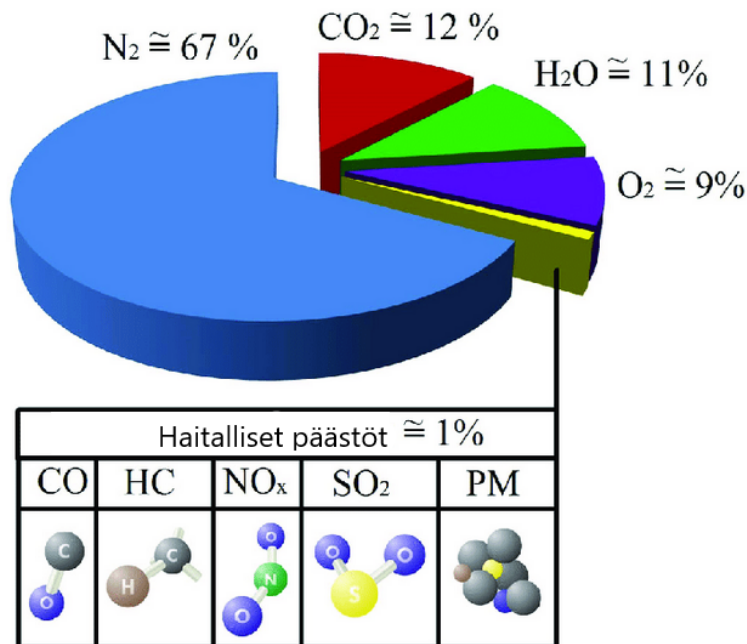
Dieselmoottorin yleisyys ajoneuvoissa ja varsinkin raskaassa kalustossa johtuu ottomoottoria paremmasta hyötysuhteesta. Kokonaishyötysuhde voi nousta parhaimmillaan jopa 45 prosenttiin raskaan kaluston dieselmoottorissa. Parempi hyötysuhde johtuu korkean puristussuhteen lisäksi siitä, että työkiertoa kohti tulevan imuilman määrää ei rajoiteta kaasuläpällä. Dieselmoottorin momenttia säädellään polttoaineen ruiskutusmäärää muuttamalla. (Blasnielis, 2018, 2-6.)

Dieselmoottorin paremman hyötysuhteen ja polttoainetalouden käänköpuolina ovat painon lisäksi korkeampi melutaso, pienempi teho, kalliimpi rakenne johtuen tiukemmista toleransseista sekä korkeampi tehontarve käynnistysmoottorin osalta. Kuitenkin moottorin lujuus ja paino voidaan optimoida jo suunnitteluvaiheessa sekä ahtamisen ja kehittyneen moottorinohjaustekniikan ansiosta litratehot on nousseet uudelle tasolle. (Motiva 2016.)



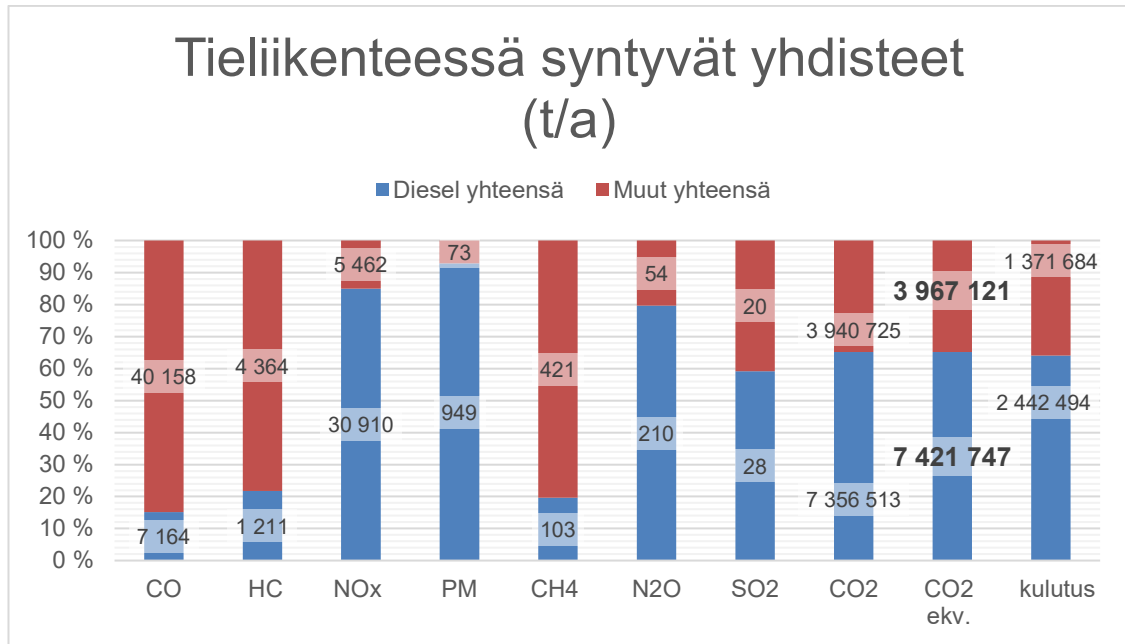
#### 4.2 Dieselautojen tuottamien päästöjen koostumus

Suomen teillä kulkee yli miljoona liikennekäytössä olevaa dieselkäyttöistä autoa. Dieselmoottorin pakokaasu koostuu pääasiassa (>99 %) typestä ( $N_2$ ), hiilidioksidista ( $CO_2$ ), vesihöyrystä ( $H_2O$ ) ja hapesta ( $O_2$ ) (kuvio 5).



Kuvio 6. Tyypillinen dieselpakokaasun koostumus (ResearchGate 2015).

Loput ovat dieselille ongelmallisimpia yhdisteitä kuten hiukkaset (PM) sekä palamisen sivutuotteena syntyvät typen oksidit (NO ja  $NO_2$ ). Myös epätäydellisen palamisen seurauksena muodostuu häkää (CO) sekä hiilivetyjä (HC), mutta dieselmoottorille tyypillisen ilmaylimäärän vuoksi näitä pakokaasukomponentteja on verrattain vähän. Lisäksi hyvin pieniä määriä rikkidioksidia ( $SO_2$ ) muodostuu dieselpolttoaineen sisältämän rikin hapettuessa. (Bosch 2003, 278); (Ikonen 2018.)



Kuvio 7. Dieselautojen tuottamat päästöt suhteessa liikenteen kokonaispäästöihin vuonna 2016 (LIISA 2016, VTT).

Dieselmääräiset autot tuottavat noin 65 % (kuviot 6) liikenteen tuottamasta hiilidioksidimäärästä. Pelkästään raskas liikenne käyttää noin 70 prosenttia dieselistä, jossa ajoneuvoteknisistä syistä vaihtoehtoja ei nopealla aikataululla ole. Se on usein taloudellisesti järkevin sekä puhtain vaihtoehto maantiekuljetuksiin sekä työkoneisiin nyt ja pitkälle tulevaisuuteen. Mitä päästöongelmiin tulee, on niihin saatu huomattavia ratkaisuja, joten dieselistä luopuminen ei ole tarpeen. Viimeisimpien tutkimusten mukaan, dieselin ongelmana pidetyt typenoksidit olivat moderneissa Euro 6 -moottoreissa huomattavasti vaadittujen tasojen alapuolella. Eri autovalmistajien päästöhuijauksien jälkeen valmistajat ovat lisänneet panostustaan puhtaampien dieselmootoreiden kehitykseen. (Neste 2019a); (Kauppalehti 2019.)

## 5 DIESELPOLTTOAINEET

Dieselöljy on merkittävin kuljetuskaluston sekä työkonoiden voimanlähde ja on tieliikenteen toinen tärkeä polttoaine moottoribensiinin ohella. Dieselpolttoaineilla tarkoitetaan 180-370 °C lämpötila-alueilla tislautuvien hiilivetyjen seoksia, jota syntyy maaöljyn tislauksessa. Dieselöljyt ovat läpikuultavia, kirkkaan värisiä, kellertäviä tai ruskehtavia nesteitä. (Upix 2019.)

Dieselpolttoaineelta vaaditaan korkeita laatuvaatimuksia. Polttoaineiden laatudirektiivi määrittelee pakokaasujen kannalta dieselin keskeisimmät polttoaineparametrit. Polttoainestandardit sen sijaan sisältävät polttoaineiden toiminnallisuutta määritteleviä parametreja. Euroopassa dieselpolttoaineen tulee täyttää EN 590 (Liite 3) ominaisuusvaatimukset. (Valtioneuvosto 2018, 25); (Bosch 2003, 277.)

Fossiilista lähteistä jalostettua dieseliä käytetään vieläkin suurimmilta osin. Jo pelkästään tieliikenteessä Suomessa dieseliä kulutetaan n. 2,4 miljoonaa tonnia vuosittain.

### 5.1 Vaatimukset

#### 5.1.1 Setaaniluku

Koska dieselmoottorin polttoaineseos syttyy paineen ja lämpötilan vaikutuksesta, täytyy palotilan kuumaan puristusilmaan ruiskutettavan polttoaineen syttyä itsestään mahdollisimman nopeasti ruiskutuksen alettua. Dieselpolttonesteen syttymisherkkyttä kuvaava setaaniluku on myös dieselpolttoaineen tärkein moottoriominaisuus. Setaaniluku on sitä korkeampi, mitä herkemmin itsesytyvää polttoaine on. Erittäin syttymisherkän heksadekaanin ( $C_{16}H_{34}$ ) setaaniluku on 100 ja hitaasti sytyvän metyyliinaftaleenin ( $C_{11}H_{10}$ ) setaaniluku on 0. Likimääräinen setaaniluku määritetään yksisylinterisessä testimoottorissa, jonka puristussuhdetta voidaan muuttaa. (Bosch 2003, 277); (Blasnielis, 2018, 11); (Ikonen 2018.)

Alhaisen setaaniluvun vuoksi polttonesteen syttyminen alkaa viiveellä ja syttyy äkillisesti, kun polttoainetta on ehditty suuri määrä jo ruiskuttamaan palotilaan. Tämän seurauksena moottorin melu, värähtelyt ja mekaaniset rasitukset kasvavat. Nykyaikaisten die-

selmoottorien toiminta edellyttää vähintään setaanilukua 50. Korkealaatuisten dieselpolttonesteet sisältävät setaanilukua nostavia parafiineja. Sen sijaan krakkauskomponenteissa esiintyvät aromaattit alentavat syttymisherkkyttä. (Bosch 2003, 277); (Blasialis, 2018, 11); (Ikonen 2018.)

Setaaniluku vaikuttaa myös pakokaasupäästöihin ja yhteiseurooppalaisen standardi määrittelee minimisetaaniluvuksi 51. Suomessa myytävien dieselpolttonesteiden setaaniluku on tyypillisesti luokkaa 52-55 riippuen, onko kyse talvi- vai kesälaadusta, jossa setaaniluku on hieman korkeampi. (Ikonen 2018.)

Setaani-indeksiä käytetään myös syttymisherkkyden tunnussuureena, joka lasketaan tislauksikäyrän ja polttonesteen tiheyden perusteella. Tämä indeksi ei ilmaise kuitenkaan setaaniluvun tavoin syttymisherkkyttä parantavien lisäaineiden positiivista vaikutusta syttymisherkkyteen. (Bosch 2003, 277.)

### 5.1.2 Suodatettavuus

Suomen olosuhteissa on myös tärkeää polttoaineen käytettävyys myös kylmissä olosuhteissa. Dieselpolttonesteen parafiiniset hiilivedyt voivat talviolosuhteissa kiteytyä, joka aiheuttaa polttoainesuodattimen tukkeutumisen ja polttoaineen saannin keskeytymisen. Tästä johtuen dieselnesteeseen lisätään kylmäominaisuuksia parantavia lisäaineita ja kylminä vuodenaikoina on saatavana erityisiä talvidiesellaatuja häiriöttömän toiminnan mahdollistamiseksi. (Bosch 2003, 277.)

Kylmäominaisuudet mitataan CFPP:n avulla ja EN 590 -standardissa on määritelty suodatettavuus eri polttoaineluokille. Polttoaineen alin suodatettavuuslämpötila-arvo on myös kansallisesti tarpeen mukaan muunneltavissa kesä- ja talvilaatuja varten. (Bosch 2003, 278.)

### 5.1.3 Tiheys

Koska dieselmoottorin polttoaineensyöttö perustuu tilavuusmittaukseen, syntyy eri tiheys eroista seosmuutoksia. Tiheää polttonestettä menee palotilaan enemmän, koska polttoaineen lämpöarvo kohoaa tiheyden kasvaessa. Tämä lisää savutuspäästöjä ja puolestaan matalan tiheyden omaavaa polttonestettä päätyy palotilaan vähemmän mikä aiheuttaa tehon laskua. (Ikonen 2018.)

Tyypillisesti dieselpolttonesteen tiheys vaihtelee  $800\text{-}860\text{ kg/m}^3$  välillä.

#### 5.1.4 Viskositeetti ja voitelevuus

Viskositeetti kuvaa nesteen sisäistä kitkaa. Dieselpolttonesteeseen oikea voitelevuus on tärkeää, jotta ruiskutuslaitteisto saa oikean hydrodynaamisen voitelun. Toisaalta liian korkea viskositeetti lisää polttoaineputkiston virtausvastuksia sekä kuormittaa pumpun mekaanisia rasituksia. (Bosch 2003, 282.)

Dieselnesteen viskositeetin yksikkö on  $\text{mm}^2/\text{s}$  ja se mitataan  $+40\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa. Tyypillisesti arvo vaihtelee  $1,5\text{-}4,0\text{ mm}^2/\text{s}$  välillä. (Ikonen 2018.)

Korkeiden mekaanisten rasitusten kohteeksi joutuva ruiskutusjärjestelmä vaatii dieselpolttonesteeltä myös voitelevuutta. Voitelevuutta yleensä parannetaan lisäaineilla ja minimiarvo on määritelty myös EN 590 -standardissa. (Bosch 2003, 278.)

#### 5.1.5 Tislausalue

Tislausalueella tarkoitetaan sitä lämpötila-aluetta, jolla hiilivetyjen seos haihtuu normaali-paineessa sitä lämmitettäessä. Kesälaatuisen dieselnesteen tislealue on  $180\text{-}360\text{ }^\circ\text{C}$ . Dieselnesteen tislautumiskäyttäytyminen määrittelee pitkälti sen käyttöominaisuudet. Tislausalueen alemmat lämpötilat lisäävät polttoaineen kylmäkäyttöominaisuuksia, mutta samanaikaisesti setaaniluku alenee. Siirtymä korkeimpiin tislausalueen lämpötiloihin lisää polttonesteen savutusta ja ruiskutussuuttimien karstoittumista. EN 590 -standardi määrittelee, kuinka paljon prosentuaalisesti tulee olla haihtunut tietyssä lämpötilassa. Esimerkiksi  $360\text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa tulee standardin mukaan olla haihtunut vähintään 95 %. (Ikonen 2018); (Bosch 2003, 278.)

#### 5.1.6 Rikkipitoisuus

Dieselpolttonesteen rikkipitoisuudella on suuria vaikutuksia pakokaasun haitallisten yhdisteiden määrään ja sillä on huonontava vaikutus pakokaasun puhdistusjärjestelmän toimintaan sekä ilmanlaatuun. Dieselmoottorin palotapahtumassa polttoaineen sisältämä rikki yhtyy happeen, joka muodostaa ympäristön happamuutta aiheuttavaa rikkidioksidia ( $\text{SO}_2$ ). Tästä syystä nykyaikaisen dieselpolttonesteen rikkipitoisuudet on asetettu

lähelle nollaa. Euroopassa myytävien dieselnesteiden rikkipitoisuutta on alennettu asteittain ja nykyään kilogramma dieselpolttoainetta saa sisältää korkeintaan 10 mg rikkiä. Suomessa myytävien dieselnesteiden tyypillinen arvo on 3-6 mg/kg välillä. (Bosch 2003, 278); (Ikonen 2018.)

## 5.2 Fossiilinen diesel

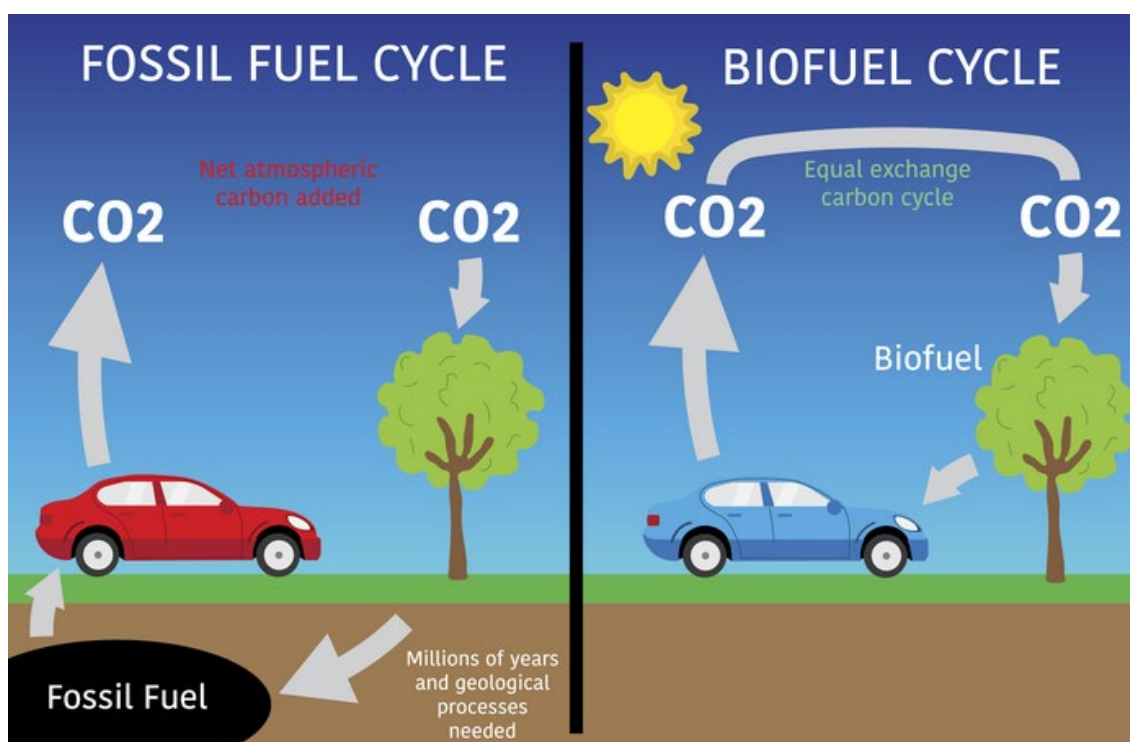
Öljy on fossiilinen, uusiutumaton energianlähde, joka on syntynyt kerrostuneen maa-aineksen alle hautautuneista esihistoriallisista kasveista ja meren eliöistä miljoonien vuosien kuluessa. Korkea kuumuus ja paine ovat muokanneet eloperäiset jäänteet neste-mäisiksi ja kaasumaisiksi hiilivedyiksi. Öljy on keräytynyt maapallon huokosiin kiviin ja onkaloihin, joista sitä on mahdollista kerätä talteen pumppaamalla. Pumpattava raakaöljy muodostuu parafiinisista, nefteenisista ja aromaattisista hiilivedyistä, joiden suhteellinen osuus saattaa vaihdella huomattavasti alkuperän mukaan. Raakaöljy sisältää myös muita alkuaineita kuten rikkiä, typpeä, happea ja hieman metalleja. Suomeen raakaöljyä tuodaan laivoilla ja puretaan jalostamoiden kalliovarastoihin. Pääasiallisia tuontialueita ovat Venäjä, Pohjanmeri sekä Lähi-itä. (VTT 2016, 180.)

Fossiilisen dieselpolttonesteen ongelma on sama kuin muillakin uusiutumattomista lähteistä käytetyillä polttoaineilla. Ne häiritsevät poltettuna maaekosysteemin luonnollista kiertoa (kuvio 7) ja lisäävät lämpöä sitovien kaasujen määrää ilmakehässä, mikä pahentaa ilmastonmuutosta. Yksi kilogramma ideaalisissa olosuhteissa poltettua dieselöljyä tuottaa noin 2,66 kg hiilidioksidia. Elinkaaritutkimuksissa öljynjalostuksen, polttoainetalostuksen ja koko jakeluprosessin on dieselpolttonesteellä arvioitu tuottavan noin 16g hiilidioksidia/ 1 MJ dieselpolttonestettä. Dieselin tuotannosta ja valmistuksesta aiheutuvien päästöjen osuus on Suomessa 10-15% koko elinkaaren aikaisista hiilidioksidipäästöistä. (Oulun yliopisto, 2016.); (Autoalan tiedotuskeskus 2019d.)

Fossiilisen polttoaineen ongelmana on myös öljyriippuvuus sekä energian riittävyys globaalissa mittakaavassa. Resurssit ovat rajalliset, mutta kulutus jatkaa kasvua. Tämä johtaa öljypulaan ja öljytuotteiden hinnan nousuun. (Liikenteen polttoainevaihtoehdot kehitystilanneraportti 2007, 10.)

### 5.3 Biodiesel

Uusiutumattomien energialähteiden aiheuttamien ongelmien vuoksi on jouduttu pohtimaan ratkaisuja korvaaville vaihtoehdoille myös liikennepolttoaineiden osalta. Ajatuksena on ensisijaisesti vähentää nettokasvihuonepäästöjä (kuvio 7) suhteessa fossiiliseen dieseliin. Dieselmoottorin kannalta biopolttoaineisiin siirtyminen ei ole uusi asia. Jo dieselmoottorin alkuajoista 1890 luvulta asti moottori pystyi käymään vaihtoehtoisilla polttoaineilla, kuten kasviöljyllä. (History of Biodiesel 2012.)



Kuvio 8. Fossiilisen polttoaineen sekä biopolttoaineen hiilikierto (Greening Forward 2018).

Biodiesel on yleisnimityksenä dieselpolttoaineille, jotka ovat orgaanisista raaka-aineista valmistettuja metyyliestereitä (FAME). Polttoaineesta käytetään myös nimitystä *perinteinen biodiesel* tai *ensimmäisen sukupolven biodiesel*. Biodieseliä voidaan valmistaa useista eri raaka-ainepohjaisista kasviöljyistä kuten, rypsiä, auringonkukka-, palmu-, tai soijaöljystä. Lisäksi sitä voidaan valmistaa myös eläinperäisistä rasvoista. (Kemin biojalostamo 2019.)

Valmistuksessa öljy käy läpi esteröintiprosessin, jossa syntyy metyyliesteriä. Murska-  
tuista siemenistä puristettu öljy reagoi pienissä määrin olevan metanolin kanssa katalyy-  
tin ollessa läsnä. Rypsiä tehty biodiesel tunnetaan nimellä rypsimetyyliesteri (RME),  
joka kuuluu EN 14214 FAME-biodiesel standardiin. Biodieseliä voidaan valmistaa myös  
kierrätykseen päätyneistä tai pois heitetystä ruokaöljystä. Lopuksi prosessin tuloksena  
syntyvä biodiesel sekoitetaan jalostamoissa valmistajasta riippuen tavalliseen fossiili-  
seen dieseliin.

Eurooppa on maailman suurin biodieselin tuottaja ja sen kokonaistuotanto vuonna 2005  
oli 2,9 miljoonaa öljykvivalenttitonnia. Suomessa ensimmäisen sukupolven biodieseliä  
on valmistettu pienissä määrin maatalouskoneiden käyttöön. (Motiva Vaihtoehtoiset polt-  
toaineet 2002, 27.)

Perinteisen biodieselin ongelmana on pidetty ruokakasvien käyttöä raaka-aineena,  
koska biodieselin tuotanto perustuu pääosin viljelykasveihin, jota voidaan viljellä perin-  
teisin keinoin. Rypsi on yksi Euroopan tärkeimmistä öljykasveista ja myös samaan ai-  
kaan se on tyypillisin biodieselin raaka-aine. Biodieselin raaka-aine tuotannon vuoksi  
joudutaan raivaamaan lisää peltopinta-alaa sekä tilanne voi johtaa myös ruoan hinnan  
nousuun. (Kemin Biojalostamo 2019.) Ruokakasvien käyttö polttoaineen raaka-aineena  
on myös eettisesti ongelma, koska vähemmän vastuulliset tuottajat voivat toiminnallaan  
nostaa ruoan hintoja sekä lisätä maailman nälänhätää. Kuitenkin Euroopan Unionin uu-  
siutuvan energian direktiivissä saa olla korkeintaan 7 % ruoantuotannon kanssa kilpaile-  
via raaka-aineita. (Energiavirasto 2019a, 5.)

Perinteisen biodieselin haasteena on myös se, että se saattaa sisältää raaka-aineista tai  
tuotantoprosessista peräisin olevia epäpuhtauksia. Kehittyneet moottorit vaativat erittäin  
korkeaa laatua myös polttoaineelta, ja epäpuhtaudet ovat tällöin ongelma. Useimmat  
autovalmistajat sekä dieselin EN 590 -polttoainestandardi rajaa biodieselin määrän  
enimmillään 7 prosenttiin. Suuremmat pitoisuudet saattavat johtaa polttoainejärjestel-  
män kumi- ja muoviosien vaurioitumiseen sekä karstan kerääntymiseen polttoainesuut-  
timiin. Lisäksi biodieselillä on taipumus sitoa itseensä vettä, mikä voi aiheuttaa biokas-  
vuston syntymistä polttoainetankkiin ja voi johtaa käytön aikana polttoainesuodattimen  
tukkeutumiseen. Perinteisen biodieselin huono pakkaskestävyys on myös Suomen tal-  
visissa olosuhteissa ongelmallista. (Neste 2016.)



#### 5.4 Uusiutuva diesel

Uusiutuva diesel haastaa perinteisen fossiilisen dieselin monilla tavoin ja siitä voidaan valmistaa laadullisesti jopa parempaa. Tästä syystä uusiutuvaa dieseliä pidetään lupavimmista keinoista vähentää liikenteen kasvihuonepäästöjä. Polttoainetta kutsutaan nimellä *toisen sukupolven biodiesel* tai *uusiutuva diesel*. Toisen sukupolven biodiesel on yleensä valmistettu kasviöljy- ja eläinrasvapohjaisista raaka-aineista vetykäsittelytekniikalla (HVO). Myös selluntuotannon tähteenä syntyvästä mäntypihkasta voidaan valmistaa uusiutuvaa dieseliä. (Neste 2016); (Valtioneuvosto 2018, 4.)

Erona perinteisen ja uusituvan välillä on, että biodieselin tyypilliset ongelmat eivät koske uusiutuvaa dieseliä ja tästä syystä tuotteita kutsutaankin toisella nimellä. Voidaan sanoa, että kyse on kahdesta täysin eri polttoaineesta. Uusituvan dieselin käyttäjän ei tarvitse pelätä polttoainejärjestelmän mikrobikasvustoja eikä epäpuhtauksia. Uusiutuvan dieselin käyttö vähentää hiukkas-, hiilivety päästöjä. Lisäksi uusiutuvalla dieselillä on vastoin ennako-odotuksia pienemmät typenoksidipäästöt ( $\text{No}_x$ ), jotka vaikuttavat eritoten paikalliseen ilmanlaatuun. Tästä syystä uusiutuvan dieselin valinta kaupunkiolosuhteissa busseihin, jätteenkuljetukseen ja vastaaviin käyttötarkoituksiin on erinomainen. Toisen sukupolven biodiesel on myös yhteensopiva olemassa olevan polttoaineinfrastruktuurin kanssa, joten lisäinvestointeja ei tarvita. (Neste 2019b.)

Kuten aiemmin on todettu, uusimmat autot on varustettu kehittyneillä pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmillä, sisältäen hiukkassuodattumia sekä katalysaattoreita. Moottoreiden ja pakokaasujen jälkikäsittelylaitteiden toimivuuden kannalta on tärkeää, että uusiutuva diesel on korkealaatuista ja täyttää myös tavanomaiselle dieselpolttoaineelle määrätyt laatuvaatimuksetkin. Uusiutuva diesel omaa erittäin korkeat syttymisominaisuudet korkean setaaniluvun johdosta. Nesteen MY dieselin (Kuva 1) setaaniluku voi olla jopa 75-95. Myös typenoksidi ja hiukkaspäästöt ovat pienemmät verrattuna tavanomaiseen dieseliin. (Valtioneuvosto 2018, 22); (Neste 2019b.)



Kuva 1. Uusiutuva diesel palaa puhtammin (Neste 2019).

Uusiutuvan dieselin valmistusprosessissa raaka-aineet puhdistetaan epäpuhtauksista ennen korkeissa lämpötiloissa tehtävää vetykäsittelyä. Lopputuloksena on tasalaatuinen, väritön, hapeton ja perinteistä fossiilista hiilivetydieselitä vastaava tuote. Uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää korkeina pitoisuuksina fossiiliseen dieselin kanssa ja se soveltuu jopa moderneihin dieselmootoreihin sellaisenaan ilman rajoituksia seossuhteelle. (Moottori 2017.)

EU ja Suomi ovat uusiutuvien dieselpolttoaineiden valmistuksessa edelläkävijöitä ja biopohjaiset polttoaineratkaisut ovat huippuluokkaa. Suomalainen öljynjalostaja Neste valmisti vuonna 2017 60 prosenttia maailman toisen sukupolven uusiutuvasta dieselistä. Lisäksi suomalainen metsäteollisuusyhtiö UPM käyttää selluteollisuudesta tulevia raaka-aineita uusiutuvalla dieselillä ja on toiseksi suurin biopolttoaineiden tuottaja Suomessa. UPM:n uusiutuva diesel on myös Avainlippu-tuote, koska raaka-aineiden kotimaisuusaste on yli 50 %. (Kemin Biojalostamo 2019); (Valtioneuvosto 2018, 4-7.)

#### 5.4.1 Uusiutuvan dieselin nykytila Suomessa

Vuonna 2018 ensimmäisen vuosineljänneksen jälkeen kotimaisten yritysten uusiutuvan dieselin tuotantomäärä oli 520 000 öljykvivalenttitonnia (Taulukko 3). Neste Oyj:n tuotantokapasiteetti kattoi noin 80 prosenttia kotimaan uusiutuvan dieselin tuotannosta.

Toiseksi suurin biopolttoaineiden tuottaja oli UPM, jonka osuus kotimaan kokonaiskapasiteetista oli 19 %. Näiden polttoaineiden tuotannosta pääosa perustui ulkomaisiin jätteöljyihin ja -rasvoihin sekä jossain määrin myös mänty- ja kasviöljyihin.

Taulukko 3. Kotimaisen uusiutuvan dieselin nykytila vuonna 2018.

Yritys ja laitokset	Nykyinen kapasiteetti		
	ktoe/a	Raaka-aine	Tuote
<b>Neste</b>	<b>420</b>	Esimerkkejä: Palmuöljy, käytetty paistorasva, eläinrasvat, kasviöljytuotannon jätteet ja tähteet	Uusiutuva diesel
<b>UPM</b>	<b>100</b>		
Lappeenranta	100	Mäntyöljy	Uusiutuva diesel
Kotka	0	Esimerkiksi levä-, kasvi-, puu- tai eläinperäiset öljyt ja rasvat, kiinteät ja nestemäiset jäte- ja tähdevirrat sekä kiinteä biomassa	Uusiutuva diesel
<b>Yhteensä</b>	<b>520</b>		

Lähitulevaisuudessa biopolttoaineiden kokonaiskapasiteetin odotetaan kasvavan miljoonaa öljykvivalenttitonniin vuoteen 2025 mennessä. Mikäli kapasiteettilisäykset toteutuvat suunnitelmien mukaisesti, biopolttoaineiden kokonaiskapasiteetti vuonna 2025 olisi 1 530 000 öljykvivalenttitonnia. Tämä vastaisi yli 60 prosenttia vuoden 2016 dieselpolttonesteen kulutuksesta. Tällöin kotimaisten raaka-aineiden osuus kotimaisesta tuotannosta olisi 30-40 %. (Valtioneuvosto 2018, 4-5.)

#### 5.4.2 Uusiutuvan dieselin ympäristövaikutukset

Merkittävin hyöty, joka saavutetaan käytettäessä kehittyneitä biopolttoaineita liikennepolttoaineena, on nettokasvihuonepäästöjen väheneminen suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin, kuten dieseliin. Euroopan tasolla biodieselin on arvioitu vähentävän hiilidioksidipäästöjä 40-50 %. Ympäristölle haitallisten ja kasvihuonekaasujen vähentämisen kannalta on kuitenkin olennaisinta tarkastella käyttövoiman puhtautta elinkaaripäästöjen näkökulmasta. On tärkeää ottaa huomioon uusiutuvien polttoaineiden koko elinkaari, mukaan lukien, raaka-aineiden hankinta, jalostus ja käyttö ajoneuvossa.

Biopolttoaineiden suurin kilpailija on ajoneuvot, joiden käyttövoimana on sähkö. Sähköisellä voimalinjalla voidaan saavuttaa jopa 80 %:n hyötysuhde, energiatehokkaiden dieselvoimalinjojen saavuttaessa maksimissaan ainoastaan n. 40 prosentin hyötysuhteen.

Kun huomioidaan auton koko elinkaaren päästöt, ei sähköauto ole välttämättä ylivertainen, koska akkujen tuotanto aiheuttaa päästöjä runsaasti. Lisäksi sähköenergian tuotantomuodon vaikutus puhtauteen on suuri, mutta uusiutuvilla energianlähteillä (aurinko-, tuuli- ja vesivoima) tuotettu sähköauton päästö voi olla jopa 0 g/km. (Länsiväylä 2017.)

Liikenteen biopolttoaineet katsotaan liikennesektorilla nollapäästöiseksi, kuten myös sähköliikennekin. Polttoaineen tuotannosta aiheutuvat päästöt lasketaan kasvihuonepäästöiksi niitä tuottaville sektoreille. Liikenne siis tarvitsee siis energiaa jatkossakin, mutta biopolttoaineiden sekä sähköautokannan kasvun myötä liikenteen päästöt eriyvät jossain määrin suoranaisesti liikenteen tuottamista päästöistä. Tämä saattaa aiheuttaa sen, että energiankulutus kasvaa samaan aikaan kun päästöt liikennesektorilla vähenevät. (Liikennejärjestelmä 2017.)

Uusituvan dieselin ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa tulee paneutua myös tuotannon kasvihuonepäästöihin sekä valmistuksen tehokkuuteen. Raaka-aineiden valinnalla on suuri merkitys polttoaineen elinkaaripäästöissä. Tämän hetken valmistusmenetelmillä esimerkiksi puusta valmistettu diesel kasvihuonekaasujen vähentämiseksi olisi huono vaihtoehto. Pohjois-Suomeen kaavailussa dieseltehtaassa puuta kuluisi kaksi miljoonaa tonnia vuodessa ja polttoainetta valmistuisi ainoastaan 0,2 miljoonaa tonnia. Tällöin kaikki puun sisältämä hiili hapettuisi tehtaassa suurilta osin jo jalostusvaiheessa. Päästö olisi noin 10 kg hiilidioksidia tuotettua dieselkiloa kohti.

Fossiilisen dieselin päästö jalostuksineen ja käyttöineen on alle 4 kg hiilidioksidia dieselkiloa kohti. Tämä tarkoittaa, että puuhun perustuvan dieseltuotannon hiilidioksidipäästöt olisivat yli kaksinkertaiset. Mikäli puuta halutaan käyttää raaka-aineena, paras ilmasto-vaikutus saadaan, kun käytetään jätteitä ja nopeakiertoisia metsätähteitä. (Talouselämä 2016.)

Nesteen uusiutuvan dieselin tuotannon raaka-aineista noin 80 % on erilaisia jätteitä (Kuva 2) ja tähteitä, kuten elintarviketeollisuudessa syntyviä rasvajätteitä ja ravinto-loista saatavaa käytettyä paistoöljyä. Neste käyttää myös ruoaksi kelpaamattomia, kasviöljyjen valmistuksessa syntyviä jätteitä. Alle 20 % uusiutuvan dieselin raaka-aineista on enää kritisoitua palmuöljyä ja sekin saadaan tarkoin valituilta kestävästä kehityksen periaatteisiin sitoutuneilta tuottajilta. (Neste 2019c.)



Kuva 2. Nesteen uusiutuvan dieselin raaka-aineet ovat osittain peräisin tavallisista kotitalouksista.

Tarkasteltuna polttoaineen elinkaaripäästöjä, Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus (JRC) on tutkinut Neste My dieselin well-to-wheel kasvihuonepäästöjä, ja tämän mukaan tuotteella on jopa 90 % alhaisemmat verrattuna fossiiliseen dieseliin. Vastavasti toisen toiseksi suurimman jalostajan UPM:n BioVerno-nimellä tunnetun uusiutuvan dieselin kasvihuonepäästöjen arvioidaan oleva 80 prosenttia pienemmät. Lisäksi VTT:n laskelmien mukaan kotimaisista jätteistä jalostettua biodieseliä hyödyntävän auton hiilidioksidipäästöt ovat 17 g/km ja puupohjaisella biodieselillä 5 g/km keskikokoisen perinteisen dieselauton ollessa 102 g/km. Riippuen raaka-ainevalinnasta sekä jalostustekniikasta biopolttoaineet tarjoavat merkittävän päästövähennyksen perinteisiin fossiilisiin energiamuotoihin verrattuna. (Neste 2019d); (UPM Biopolttoaineet 2019); (Länsiväylä 2017.)

## 6 LAKIVELVOITTEET

Liikenteelle on asetettu energia- ja ilmastotavoitteita EU-tasolla sekä kansallisesti. Kansalliset tavoitteet sovitetaan yhteen EU:n päästövähennystavoitteiden kanssa, jonka tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjä ja olla osana kansainvälisiä ilmastopimeuksia. Lähimmät EU:n yleiset ilmastotavoitteet tulevat voimaan 2020, jonka tarkoituksena on vähentää kasvihuonekaasuja 20 %, parantaa energiatehokkuutta 20 % sekä nostaa uusiutuvan energian osuutta loppukulutuksesta 20 prosenttiin verrattuna vuoden 1990 tasoon. EU sitoutuu myös yhteisönä kansainvälisiin ilmastopimeuksiin. (Öljy- ja biopolttoaineala 2019.)

Vuonna 2016 EU:n hyväksymä Pariisin ilmastopimeus säätelee EU:n ilmasto- ja energiapolitiittisia linjauksia vuosille 2020-2030. Euroopan komissio on jo aiemmin määritellyt vähähiilitiekartan kustannustehokkaaseen päästövähennykseen asteittain vuoteen 2050 mennessä EU:n sisäisin toimin. Sopimuksen osana EU-komissio antoi ehdotuksensa päästöjen vähennystavoitteista sekä päästökaupan ulkopuolisen sektorin taakanjaosta. Taakanjakosopimuksen mukaan Suomen tulee vähentää kasvihuonepäästöjä 39 % vuoden 2005 päästöjen määrästä vuoteen 2030 mennessä. (Autoalan tiedotuskeskus 2019a.)

### 6.1 Liikenteen päästövähennystavoitteet

Kuten aiemmin on todettu, liikenne aiheuttaa noin viidenneksen kasvihuonepäästöistä, ja tällä sektorilla on myös suurin potentiaali päästökaupan ulkopuolisista lähteistä. Suomessa yksi tärkeimmistä tavoitteista on vähentää puolet kasvihuonepäästöistä vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 päästöihin. Päästöjä aiotaan vähentää korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla ja vähäpäästöisillä polttoaineilla sekä parantamalla autojen ja liikennejärjestelmien energiatehokkuutta. Sähköautoille on tarjolla hankintatukea sekä vanhojen autojen muuntamista vähempipäästöisiksi edistetään. (Ympäristöministeriö 2019.)

EU-tasolla Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella vuonna 2009 uusien henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt tulisi olla 120-130 g/km vuoteen 2015

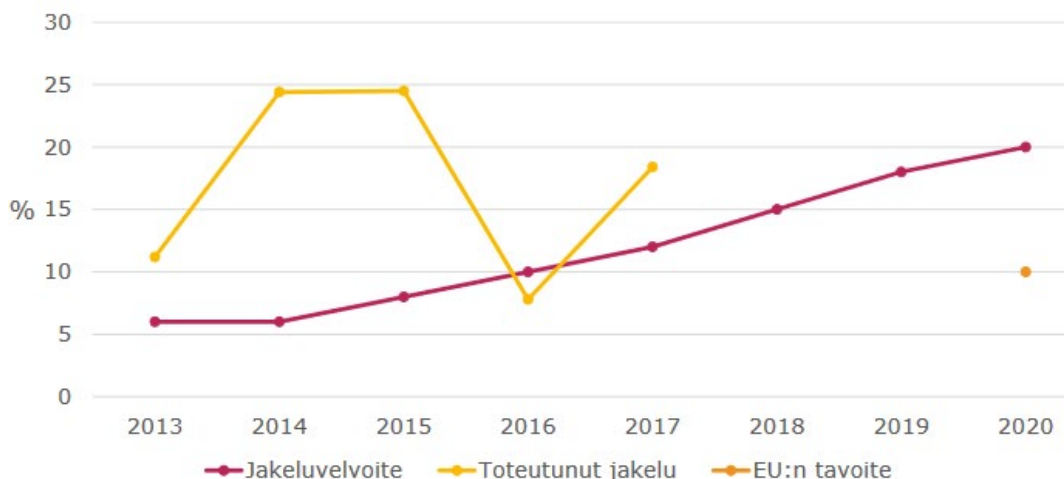
mennessä sekä 95 g/km vuoteen 2020 mennessä. Suomessa henkilöautojen hiilidioksidipäästöjä vähennetään mm. keventämällä pienikulutuksisten autojen verotusta. (Liikenne-fakta 2019d.)

Mitä kehittyneiden biopolttoaineiden käyttöön tulee Euroopassa, tarjonnan niukkuuden voidaan olettaa olevan merkittävin ajuri uusiutuvalle dieselille ja niiden hinnoille, mikäli sitovat tavoitteet tulevat voimaan koko Euroopassa. Näin ollen esitetyt biopolttoaineiden tavoitteet vaatisivat yli 100 laitoksen rakentamista vuoteen 2030 mennessä. Kuitenkin on vielä epäselvää, millaisilla ohjaukskeinoilla jäsenvaltiot pyrkivät saavuttamaan biopolttoaineita koskevat alatavoitteet. (Valtioneuvosto 2018, 50.)

## 6.2 Jakeluelvoite

Suomessa liikenteen biopolttoaineiden lisäämisen pääohjaukskeinona toimii jakeluelvoite. Jakeluelvoitteen suurimpana tavoitteena on saavuttaa EU:n Suomelle asettama taakanjakosektorin lineaarinen päästövähennys. Jotta kansainväliset päästövähennykset voitaisiin hyväksyä osana kansallisia toimia, tulisi EU:n ja kansainvälisten linjausten olla osana voimassa olevaa lainsäädäntöä päästövähennysten luettavat todennusprosessit mukaan luettuna.

Biopolttoaineiden jakeluelvoite tuli voimaan vuoden 2008 alusta. Suomessa tämä laki velvoittaa jakelijoita toimittamaan biopolttoaineita kulutukseen siten, että uusiutuvan polttoaineen osuus toimitettavien bensiinien, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä kasvaa vuosi vuodelta (kuviot 8). (Verohallinto 2018); (Energiavirasto 2018.)



Kuvio 9. Jakeluelvoite 2013-2020 (Energiavirasto 2019b).

Biopolttoaineiden osalta laskennassa käytetään kasvihuonekaasupäästöjen sertifioituja vähenemiä, jotka voivat perustua laitosten ulkopuolisen toimijan todentamiin arvoihin tai EU:n viitearvoihin. Uuden uusiutuvan energian direktiivin mukaan kasvihuonekaasupäästöihin perustuvaan jakeluelvoitteeseen lasketaan vain polttoaineiden tuotannossa ja käytössä saavutettavat päästöt, mutta Suomessa päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi sopii parhaiten energiaperusteinen jakeluelvoitejärjestelmä, tilavuus- tai kasvihuonekaasupohjaisten järjestelmien sijasta. (Valtioneuvosto 2018, 53-54.)



## 7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Nykypäivänä luonnontieteet ovat pitkälle kehittyneitä ja ihmiskuntamme tiedostaa melko hyvin ilmastomuutokseen johtavat mekanismit. Vallitsevan käsityksen mukaan keskeisimmät tekijät ilmaston lämpenemisessä on, että ihmiskunta kuluttaa energiaa kestävämmällä tahdilla ja fossiilisten energianlähteiden käyttö lisää lämpöä sitovien kaasujen määrää ilmakehässä. Ilmakehää tutkivien organisaatioiden tuottamien ilmastomallien mukaan on tehty skenaarioita mitä tapahtuisi, jos kehitys jatkuisi nykyisellään. Tästä syystä aihe on noussut keskeiseksi teemaksi kansallisessa ja kansainvälisessä keskustelussa, jotta pahimmilta seurauksilta vältyttäisiin.

Ilmasto lämmittävät päästöjen lähteet koostuvat useista puroista. Yksi näistä lähteistä on liikenne ja ylipäättään logistiikka, joka tarvitsee ihmisten ja tavaroiden liikuttamiseen yhä tehokkaampia ratkaisuja. Diesel on ollut erityisesti raskaassa kalustossa hyvän hyötysuhteen puolesta yksi parhaimmista keinoista muuttaa polttoaineen energia mekaaniseksi liikkeeksi, mutta lähteet, joista energiaa saadaan ovat kestävämmällä pohjalla.

Liikenteen päästöjen vähentämiseksi on tehty lukuisia eri toteutuspolkua, jotta päästöjä saataisiin laskettua tavalla tai toisella. Aikeisempien toimien myötä ollaan menty jo eteenpäin, mutta kovimmat tavoitteet tulevat vuodelle 2030, jonka mukaan Suomessa tuolloin tulisi olla vähintään 250 000 sähkö- ja 50 000 kaasukäyttöistä autoa. Tämä tavoite suhteutettuna nykyiseen tilanteeseen olisi melkoinen harppaus.

Uusiutuvien polttoaineiden, erityisesti uusiutuvan dieselin käyttö sen sijaan olisi varsin tehokas ja nopea keino korvata fossiilista energiaa sekä vähentää kasvihuonepäästöjä. Uusiutuvilla polttoaineilla vaikutus päästöihin tehokkaasti tuotetuilla uusiutuvilla polttoaineilla on välitön. Lisäksi olemassa oleva jo entuudestaan ikääntynyt ajoneuvokalusto on suoraan yhteensopiva puhtaampaan polttoaineeseen, eikä muutoksia jakeluinfrastruktuuriin ole tarvetta kuten esim. sähkö-, kaasu- ja korkeaseosetanoli autoilla.

Tehokkaimmaksi ratkaisuksi liikenteen tuottamien kasvihuonekaasujen vähentämisen osalta olisivat sähköautot, mikäli energia akkuihin olisi tuotettu myös vähäpäästöisesti. Kuitenkin tämän hetken arvioiden mukaan uusiutuva biodiesel ottaa Suomessa merkittävän roolin päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Toisen sukupolven biodiesel vaatii tuotantokapasiteetin lisäämiseksi merkittäviä investointeja, jotta saataisiin katettua realistisemmin polttoaineen tarvetta Suomessa ja Euroopassa.

## 8 YHTEENVETO

Ihmisen tämän hetkinen toiminta maapallolla vaikuttaa ilmakehän koostumukseen negatiivisella tavalla. Tämän toiminnan seurauksena maapalloa lämmittävien kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, pitoisuudet kasvavat ja aiheuttavat kasvihuoneilmiön voimistumista. Hiilidioksidia syntyy hiilivetytypolttoaineiden palamisessa, kuten fossiilisia polttoaineita käyttävissä voimaloissa ja myös ajoneuvojen polttomoottoreissa. Vuonna 2017 Suomen kokonaispäästöt olivat 55,5 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia, josta liikenteen osuus oli noin viidennes.

Dieselmoottorin yleisyys ajoneuvoissa, ja erityisesti raskaassa kalustossa johtuu hyvästä hyötysuhteesta. Kuitenkin fossiilisen dieselpolttonesteen käyttö lisää lämpöä sitovien kaasujen määrää ilmakehässä, pahentaen osaltaan ilmaston lämpenemistä. Tämän ongelman vuoksi on jouduttu pohtimaan vihreämpiä vaihtoehtoja uusiutumattomille polttoaineille.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin uusiutuvan dieselpolttoaineen ominaisuuksia ja sen potentiaalia vähentää CO<sub>2</sub>-päästöä ajoneuvokäytössä.

Ensimmäisen sukupolven biodiesel (FAME) on ollut pidemmän aikaa pienentämässä uusiutumattoman dieselpolttoaineen ympäristökuormaa, mutta dieselpolttonesteen korkeiden laatuvaatimusten vuoksi seossuhdetta ei ole voitu nostaa yli 7 prosentin. Tämän rinnalle on vetykäsittelyn avulla valmistettu ns. HVO-tyyppinen toisen sukupolven uusiutuva diesel, joka mahdollistaa käytön 100-prosenttisena sekä jopa 90 % pienemmät kasvihuonekaasupäästöt sekä pienemmät lähipäästöt.

Suomi on uusiutuvien dieselpolttonesteiden valmistuksessa edelläkävijä. Euroopan komissio on jo määritellyt vähähiiliteikartan merkittäviin päästövähennyksiin vuoteen 2050 mennessä pelkästään EU:n sisäisin toimin. Suomessa liikenteen uusiutuvien polttoaineiden lisäämisen pääohjauksena toimii jakeluelvoite. Jakeluelvoite kasvattaa uusiutuvan polttoaineen osuutta käytettävästä polttoaineesta vuosi vuodelta. Lisäksi vuoteen 2030 mennessä tavoitteena on lisätä merkittävästi sähkö- ja kaasukäyttöisten autojen määrää, jotta EU:n Suomelle asettama taakanjakosektorin päästövähennelmä toteutuisi.

Koska perinteisen biodieselin ongelmat eivät koske toisen sukupolven uusiutuvaa dieseliä, sitä pidetään yhtenä lupaavimmista keinoista vähentää liikenteen kasvihuonepäästöjä.

## LÄHTEET

Autoalan Keskusliitto. Viitattu 27.5.2019 [http://www.akl.fi/autoala/esitteet/autoala\\_2017/ymparistoasiat\\_autoalalla](http://www.akl.fi/autoala/esitteet/autoala_2017/ymparistoasiat_autoalalla)

Autoalan Tiedotuskeskus 2019a. Viitattu 18.3.2019 [http://www.aut.fi/ymparisto/autoala\\_ja\\_ilmastonmuutos/liikenteen\\_paastovahennystavoitteet](http://www.aut.fi/ymparisto/autoala_ja_ilmastonmuutos/liikenteen_paastovahennystavoitteet)

Autoalan Tiedotuskeskus 2019b. Viitattu 4.3.2019 [http://www.aut.fi/ymparisto/autoala\\_ja\\_ilmastonmuutos/liikenteen\\_vaikutus\\_ilmaston\\_muutokseen](http://www.aut.fi/ymparisto/autoala_ja_ilmastonmuutos/liikenteen_vaikutus_ilmaston_muutokseen)

Autoalan Tiedotuskeskus 2019c. Viitattu 23.2.2019 [http://www.aut.fi/ymparisto/autojen\\_paastot\\_ja\\_niiden\\_mittaus](http://www.aut.fi/ymparisto/autojen_paastot_ja_niiden_mittaus)

Autoalan Tiedotuskeskus 2019d. Viitattu 4.3.2019 [http://www.aut.fi/ymparisto/auton\\_elinkaaren\\_aikaiset\\_paastot](http://www.aut.fi/ymparisto/auton_elinkaaren_aikaiset_paastot)

Blasnialis, A. 2018. Vaihtoehtoiset dieselpolttoaineet. Insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/147721/Blasnialis\\_Aaron.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/147721/Blasnialis_Aaron.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BOSCH 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

CO<sub>2</sub>-raportti 2019. Viitattu 29.1.2019 <http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastonmuutos>

Energiavirasto 2018. Viitattu 31.1.2019 <https://www.energiavirasto.fi/kestavyyskriteerit-lainsaadanto>

Energiavirasto 2019a. Viitattu 9.5.2019 [https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva\\_2019\\_TenhovirtaMari.pdf/0b20a9b3-1d4e-0753-7766-60644976670d/Uusiutuva\\_2019\\_TenhovirtaMari.pdf.pdf](https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMari.pdf/0b20a9b3-1d4e-0753-7766-60644976670d/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMari.pdf.pdf)

Energiavirasto 2019b. Viitattu 11.5.2019 [https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva\\_2019\\_TenhovirtaMari.pdf/0b20a9b3-1d4e-0753-7766-60644976670d/Uusiutuva\\_2019\\_TenhovirtaMari.pdf.pdf](https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMari.pdf/0b20a9b3-1d4e-0753-7766-60644976670d/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMari.pdf.pdf)

Euroopan komissio 2019. Viitattu 27.5.2019 [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_fi](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_fi)

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2009/28/EY. Viitattu 26.3.2019 <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:fi:PDF>

Greening Forward 2018. <http://greeningforward.org/blog-winner-waste-vegetable-oil-fuel/>

History of Biodiesel 2012. Viitattu 11.4.2019 <https://articles.extension.org/pages/27135/history-of-biodiesel>

Ikonen, M. 2018. Päästöjen hallinta. Turun ammattikorkeakoulu.

Ilmasto-opas 2019a. Viitattu 10.2.2019 [http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3f4249f8-f39a-4ff6-889a-eaa389b69cb7/vesihoyry.html#cli\\_references](http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3f4249f8-f39a-4ff6-889a-eaa389b69cb7/vesihoyry.html#cli_references)

ilmasto.org 2019a. Viitattu 11.2.2019 <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos>

Ilmasto.org 2019b. Viitattu 11.2.2019 <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuonekaasut>

Ilmasto.org 2019c. Viitattu 11.2.2019 <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos/kasvihuonekaasut/hiiidioksidit>

Kauppalehti 2019. Viitattu 28.2.2019 <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/dieselautojen-kieltoperusteilta-pohja-typenoksidipaastot-testissa-uskomattoman-alhaisia-jopa-nollassa/d734bd1e-9c3c-4572-aa7f-c7050a72c3ff>

Kemin Biojalostamo 2019. Viitattu 25.1.2019 <http://www.kaidi.fi/>

Liikennefakta 2017. Viitattu 22.3.2019 <https://www.liikennefakta.fi/ajankohtaista/5629/ensirekisteroityjen-henkiloautojen-keskimaaraiset-hiiidioksidipaastot-2016>

Liikennefakta 2019a. Viitattu 4.2.2019 <https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/hiiidioksidipaastot>

Liikennefakta 2019b. Viitattu 5.2.2019 [https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/vaihtoehdoiset\\_kayttovoimat](https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/vaihtoehdoiset_kayttovoimat)

Liikennefakta 2019c. Viitattu 5.2.2019 [https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/liikennekaytossa-olevat\\_kayttovoimittain](https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/liikennekaytossa-olevat_kayttovoimittain)

Liikennejärjestelmä 2014, Viitattu 6.3.2019 <http://liikennejarjestelma.fi/liikenteen-paastojen-aiheuttamat-haitat/>

Liikennejärjestelmä 2017. Viitattu 20.2.2019 <http://liikennejarjestelma.fi/ymparisto/energiankulutus/liikenteen-energiankulutus/>

Liikenteen polttoainevaihtoehdot kehitystilanneraportti 2007: s. 10, Viitattu 5.3.2019 <https://www.motiva.fi/files/954/liikenteen-polttoainevaihtoehdot----kehitystilanneraportti.pdf>

LIPASTO 2016. LIISA 2016. Suomen tieliikenteen päästöt vuonna 2016. Viitattu 27.2.2019 <http://lipasto.vtt.fi/liisa/perustulos2016.htm>

Länsiväylä 2017. Viitattu 5.4.2019 <https://www.lansivayla.fi/artikkeli/586500-onko-sahkoauto-oi-keasti-paastoton-moottori-selvitti>

Motiva 2002. Viitattu 6.3.2019 [https://www.motiva.fi/files/2131/Vaihtoehdoiset\\_polttoaineet\\_ja\\_ajoneuvot.pdf](https://www.motiva.fi/files/2131/Vaihtoehdoiset_polttoaineet_ja_ajoneuvot.pdf)

Motiva 2016 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/dieselmoottori>

Motiva 2018a. Viitattu 22.2.2019 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/perustietoa-liikenteesta/autojen-pakokaasupaastot>

Motiva 2018b. Viitattu 2.1.2019 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/perustietoa-liikenteesta/liikenteen-paastot-ja-energiankulutus>

Motiva 2019. Viitattu 22.2.2019 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-viisaasti/valitse-auto-viisaasti/henkiloautojen-paastomaaraykset>

Neste 2016. Viitattu 8.3.2019 <https://www.neste.com/fi/mit%C3%A4-eroa-uusiutuvalle-dieseliill%C3%A4-ja-perinteiselle%C3%A4-biodieseliill%C3%A4-vai-onko-mit%C3%A4%C3%A4n>

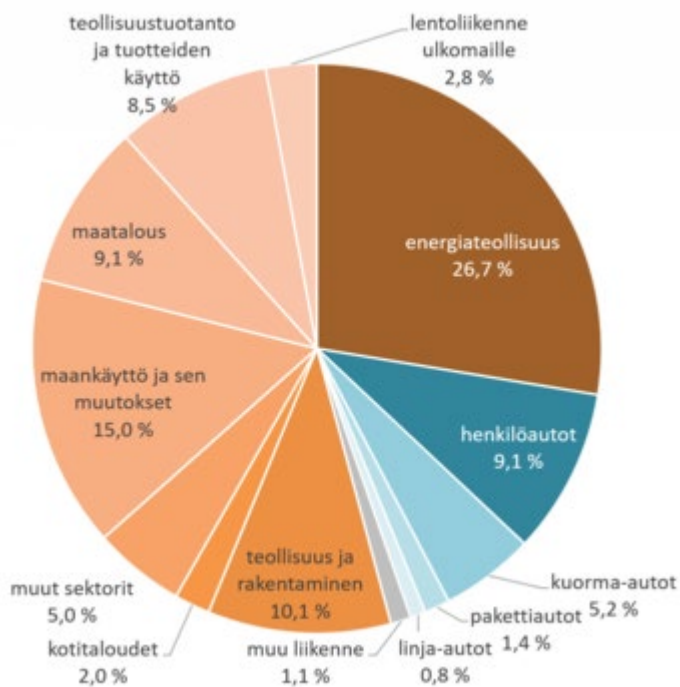
Moottori 2017. Viitattu 10.3.2019 <https://www.moottori.fi/ajoneuvot/jutut/siis-hah-hvo-fame-lpg-liikennepolttoaineiden-koottu-sanasto/>

- National Institute of Water & Atmospheric Research 2019. Viitattu 4.2.2019 <https://www.niwa.co.nz/education-and-training/schools/students/layers>
- Natura 2018. Viitattu 11.2.2019 <http://www.naturalehti.fi/2018/09/14/suot-hiilen-varastoina-ilmaston-hyvaksi/>
- Neste 2019a. Viitattu 8.3.2019 <https://www.neste.com/fi/blog/eih%C3%A4t%C3%A4ill%C3%A4-dieselin-kanssa>
- Neste 2019b. Viitattu 15.3.2019 <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel/uusiutuvan-dieselin-edut>
- Neste 2019c. Viitattu 26.3.2019 <https://www.neste.com/fi/konserni/vastuullisuus/vastuullinen-toimitusketju/vastuullisesti-tuotettu-palmuoljy>
- Neste 2019d. Viitattu 4.4.2019 <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel/pienemmat-paastot>
- Oulun yliopisto, Hiilen kierto yleisellä tasolla sekä trooppisessa ja borealisessa biomissa 2016. Viitattu 4.3.2019 <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201605111695.pdf>
- ResearchGate 2015. Viitattu 27.5.2019 [https://www.researchgate.net/figure/The-compositions-of-diesel-exhaust-gas\\_fig1\\_293794340](https://www.researchgate.net/figure/The-compositions-of-diesel-exhaust-gas_fig1_293794340)
- Talouselämä 2016. Viitattu 18.3.2019 <https://www.talouselama.fi/uutiset/biodieselin-tuotanto-synnyttää-rutkasti-hiilidioksidia/df5d4f39-54c3-3fd3-b223-c699f891f532>
- Tilastokeskus 2017. Viitattu 24.1.2019 [http://tilastokeskus.fi/til/khki/2016/khki\\_2016\\_2017-05-24\\_kat\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/khki/2016/khki_2016_2017-05-24_kat_001_fi.html)
- Tilastokeskus 2018. Viitattu 8.2.2019 [https://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/khki\\_2017\\_2018-05-24\\_kat\\_001\\_fi.html](https://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_kat_001_fi.html)
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2016, 100-prosenttisesti uusiutuviin energialähteisiin perustuva energiajärjestelmä. Viitattu 12.3.2019 <https://tem.fi/documents/1410877/3570111/100+prosenttia+uusiutuva+ tarkastelu.pdf/8e4ee341-77c5-4447-b6ce-1f2686a3daec>
- Upix 2019. Viitattu 5.3.2019 [http://www.upix.fi/sites/koneoppi/alku\\_korjatut/teknikk/pol\\_voit/vpo12.htm](http://www.upix.fi/sites/koneoppi/alku_korjatut/teknikk/pol_voit/vpo12.htm)
- UPM Biopolttoaineet 2019. Viitattu 4.4.2019 <https://www.upmbiofuels.com/fi/tuotteet/upm-bioverno-diesel/>
- Valtioneuvosto 2018. Viitattu 15.3.2019 [http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/162373/63-2018-Biopolttoaineiden\\_kustannustehokkaat\\_toteutuspolut\\_vuoteen\\_2030\\_VNTEAS\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/162373/63-2018-Biopolttoaineiden_kustannustehokkaat_toteutuspolut_vuoteen_2030_VNTEAS_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Verohallinto 2018. Viitattu 28.3.2019 <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56210/biopolttoaineiden-jakeluvaikeus/#2.4-dieselin-ja-moottoripoltto% C3%B6ljyn-yhteis% C3%A4ili% C3%B6st% C3%A4-kulutukseen-luovutetun-biodieselin-huomioiminen>
- VTT 2016. Viitattu 4.3.2019 <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Ympäristöministeriö 2019. Viitattu 28.3.2019 <https://www.ym.fi/Ilmastosuunnitelma2030>
- Öljy- ja biopolttoaineala ry. Viitattu 16.1.2019 <http://www.oil.fi/fi/ymparisto-paastot-ja-ilmastonmuutos/liikenteen-paastot>

## Liite 1. Kasvihuonekaasujen elinikä ja ilmastolämmityspotentiaali (ilmasto.org 2019b).

Kaasu	Elinäika (v)	GWP 20 v	GWP 100v
Hiilidioksidi	50-200	1	1
Metaani	12	72	25
Dityppioksidi	114	310	298
HFC:t	1,4-270	437-12 000	124-14 800
PFC:t	2 600 – 50 000	5 210- 8630	7 390-12 200
SF6	3200	16300	22800
CFC:t	45-1700	5 310-11 000	4 750-14 400
HCFC:t	1,3-17,9	273-5 490	77-2 310
Halonit	16-65	3 680-8 480	1 640-7 140

## Liite 2. Suomen hiilidioksidipäästöt sektoreittain (Autoalan tiedotuskeskus 2019b).



### Liite 3. Dieselpolttoaineiden tärkeät ominaisuudet, EN 590 (Bosch 2002, s.282).

Vaatimukset	Yksikkö	Tunnusarvo
Syttymispiste, min	°C	55
Vesipitoisuus, max	mg/kg	200
Rikkipitoisuus, max	mg/kg	350
Voitelevuus, "kulumisjäljen halkaisija", max	µm	460
<b>Lauhkealla vyöhykkeellä:</b>		
Tiheys (15 °C:ssa), min/max	kg/m <sup>3</sup>	820/845
Viskositeetti (40 °C:ssa) min/max	mm <sup>2</sup> /s	2/4,5
Setaaniluku, min	–	51
Setaani-indeksi, min	–	46
250 °C:een tislattuna max	til.-%	65
350 °C:een tislattuna, min	til.-%	85
360 °C:een tislattuna, min	til.-%	95
CFPP <sup>1)</sup> kuudessa luokassa A...F, max	°C	+5 ... –20
<b>Arktisessa ilmastossa (5 luokkaa 0 ... 4):</b>		
Tiheys (15 °C:ssa), min/max	kg/m <sup>3</sup>	800/845 ... 800/840
Viskositeetti (40 °C:ssa) min/max	mm <sup>2</sup> /s	1,5/4 ... 1,2/4
Setaaniluku, min	–	49 ... 47
Setaani-indeksi, min	–	46 ... 43
180 °C:een tislattuna max	til.-%	10
340 °C:een tislattuna, min	til.-%	95
CFPP <sup>1)</sup> , max	°C	–20 ... –44

<sup>1)</sup> suodatettavuuden raja-arvo