

Ville Katajamäki

KUORMA-AUTOJEN VAIHTOEHTOIS- SET POLTTOAINEET

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Logistiikan koulutus

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Ville Katajamäki
Työn nimi	Opinnäytetyön nimi
Vuosi	2023
Sivut	46 sivua, liitteitä 1 sivu
Työn ohjaaja(t)	Anssi Salmi

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden tilannetta Suomessa ja niiden käyttöönottoon liittyviä ongelmia. Tutkimuksessa pyrittiin tarkastelemaan, mitkä vaihtoehtoiset polttoaineet ovat nykyhetkellä käytettäviä suomalaisessa kuljetusyrityksessä. Toimeksiantajaa tälle opinnäytetyölle ei ole. Opinnäytetyössä käytettiin laadullista tutkimusta. Tutkimusta tehtiin kirjallisuuskatsauksen ja haastatteluiden avulla.

Kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin vaihtoehtoisten polttoaineiden tutkimuksiin, Suomen ja EU:n lainsäädäntöön sekä alan järjestöjen ja yritysten julkaisuihin. Lähteistä saatiin tietoa vaihtoehtoisten polttoaineiden ominaisuuksista, infrastruktuurista, markkinoista ja niihin liittyvästä lainsäädännöstä. Kirjallisuuskatsauksesta saadun tiedon avulla tehtiin kysymyksiä haastatteluja varten.

Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluin internetin välityksellä. Haastatteluihin osallistui henkilöstöä vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja valmistavista yrityksistä. Haastatteluissa hankittiin tietoa samoista aiheista kuin kirjallisuuskatsauksessa. Haastattelun tiedot täydensivät kirjallisuuskatsauksesta saatuja tietoja, ja niistä saatiin tietoa erityisesti polttoaineiden tilanteesta Suomessa.

Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen avulla selvitettiin nykyhetkellä käyttökelpoiset vaihtoehtoiset polttoaineet suomalaiselle kuljetusyritykselle ja selvitettiin vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönoton haasteita. Lisäksi tehtiin ennuste vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuuden näkymistä ja ehdotettiin jatkotutkimusmahdollisuuksia.

Käyttökelpoisiksi vaihtoehtoisiksi polttoaineiksi todettiin maakaasu ja sähkö eteläisessä ja läntisessä Suomessa. Ongelmia vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotolle todettiin olevan infrastruktuurin puute, vaadittavan teknologian kypsyttämättömyys ja puuttavuus, sekä uuden ajoneuvon hankinnan kustannukset. Opinnäytetyöstä voi olla hyötyä kuljetusyrityksille, jotka suunnittelevat vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän kuorma-auton hankintaa.

Asiasanat: vaihtoehtoinen polttoaine, kuorma-auto, maantiekuljetukset

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Ville Katajamäki
Thesis title	Alternative fuels for trucks
Time	2023
Pages	46 pages, 1 page of appendices
Supervisor	Anssi Salmi

ABSTRACT

The objective of this thesis was to examine the situation of alternative fuels for trucks in Finland and to figure out problems related to their use and introduction. The aim of the study was to find out which alternative fuels could be used today in a Finnish transport company. There was no client for this thesis. Qualitative research was used as the research method. The research was conducted through a literature review and interviews.

For the literature review, research papers on alternative fuels, current Finnish and EU legislation, and publications by relevant organizations and companies were studied. The sources provided information on the properties, infrastructure, markets, and related legislation regarding alternative fuels. Information obtained from the literature review was used to create questions for the interviews.

The interviews were conducted using thematic interviews via the Internet. The interviews involved staff from companies manufacturing alternative fuel trucks. The interviews provided information on the same topics as the literature review. The data from the interviews complemented the data obtained from the literature review and provided information on the situation of alternative fuels in Finland in particular.

The literature review and interviews were used to identify currently usable alternative fuels for a Finnish transport company and to identify the challenges of introducing and using alternative fuels in trucks. In addition, a prediction was made of the future prospects of alternative fuels and further research opportunities were suggested.

Natural gas and electricity were found to be currently usable alternative fuels in southern and western Finland. Challenges with introduction and use of alternative fuels were identified as being the lack of infrastructure, immaturity and absence of required technologies, and the cost of acquiring a new truck. This thesis is useful for transport companies that are planning to purchase a truck that uses alternative fuels.

Keywords: alternative fuel, truck, road transport

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	8
2.1	Kirjallisuuskatsaus	9
2.2	Haastattelut	10
2.3	Aineiston analyysi	11
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA SOPIMUKSET	12
3.1	Lainsäädäntö Euroopan unionissa.....	12
3.2	Lainsäädäntö Suomessa	13
4	KUORMA-AUTOJEN VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET	14
4.1	Sähkö	15
4.1.1	Sähkökäyttöiset ajoneuvot.....	15
4.1.2	Sähköinfrastruktuuri	16
4.1.3	Sähkökäyttöiset kuorma-autot	17
4.2	Vety	19
4.2.1	Vetykäyttöiset ajoneuvot.....	20
4.2.2	Vetyinfrastruktuuri	20
4.2.3	Vetykäyttöiset kuorma-autot	22
4.3	Ammoniakki	22
4.4	Biopolttoaineet	24
4.5	Maakaasu ja nestekaasu	25
4.5.1	Nesteytetty maakaasu	25
4.5.2	Paineistettu maakaasu.....	27
4.5.3	Nestekaasut.....	28
5	VAIHTOEHTOISTEN POLTTOAINEIDEN MARKKINAT	29
6	HAASTATTELUT	30
6.1	Haastattelun tulokset	31
7	POLTTOAINEIDEN VERTAILU	34

7.1	Polttoaineiden ominaisuudet.....	34
7.2	Infrastrukturi.....	36
7.3	Kustannukset.....	36
8	POHDINTA.....	37
8.1	Tiedon laatu.....	37
8.2	Johtopäätökset	39
8.3	Jatkotutkimusmahdollisuuksia	41
9	POLTTOAINEIDEN TULEVAISUUS.....	41
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	

Liite 1. Haastattelukysymyksiä valmistajille

1 JOHDANTO

Tieliikenne aiheuttaa noin viidenneksen päästöistä koko Euroopan unionissa. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ja ilmastoneutraalisuuden saavuttamiseksi EU pyrkii vähentämään näitä päästöjä eri keinoilla. Yksi keino, jolla pyritään vähentämään päästöjä, on vaihtoehtoisten vähäpäästöisten polttoaineiden osuuden lisääminen tieliikenteessä. (Euroopan parlamentti 2019.)

Suurin osa vaihtoehtoisten polttoaineiden kehityksestä ja käyttöönotosta on keskittynyt henkilöautoihin, sillä ne tuottavat enemmän päästöjä kuin kuorma-autot. Kuorma-autot kuitenkin aiheuttavat 27,1 prosenttia koko tieliikenteen päästöistä Euroopan unionissa (Euroopan parlamentti 2019). Vaikka henkilöautojen päästöjen vähentäminen on tärkeää, kuorma-autojen päästöjen vähentämiseen täytyy myös kiinnittää huomiota, jos koko tieliikenteen päästöjä halutaan vähentää.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään kuorma-autojen vähäpäästöisten vaihtoehtoisten polttoaineiden nykytilannetta ja haasteita Suomen maantiekuljetuksissa. Maantiekuljetukset ovat tärkeä osa Suomen logistiikkaa, mutta niiden aiheuttamilla päästöillä on haitallisia vaikutuksia ympäristöön. Vaihtoehtoisilla polttoaineilla pyritään vähentämään ajoneuvojen päästöjä ja lieventämään haitallisia ympäristövaikutuksia. Maantiekuljetusten aiheuttamien päästöjen vähentäminen on myös tärkeä osa ilmastonmuutoksen torjumista.

Uuden teknologian kehittyessä vähäpäästöiset vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot ovat kehittyneet käyttökelpoisiksi. Silti vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja on otettu Suomessa vain vähän käyttöön vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviin henkilöautoihin verrattuna. Esimerkiksi sähkökäyttöisten henkilöautojen määrä Suomessa on vuonna 2021 ollut 22 921, kun taas sähkökäyttöisten kuorma-autojen määrä on ollut vain 9 (Traficom 2022).

Vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotto raskaissa ajoneuvoissa kuten kuorma-autoissa on vaikeampaa kuin kevyissä ajoneuvoissa kuten henkilöau-

toissa. Tekniset vaatimukset, kokonaiskustannukset ja infrastruktuurin vaatimukset ovat erilaiset raskaille ajoneuvoille. Raskaiden ajoneuvojen vaihtoehtoisten polttoaineiden tutkimus on uusi ja kehittyvä kuljetusten tieteenala. Vähäinen tutkimus tällä alalla johtuu osittain siitä, että merenkulkuun ja ilmailuun verrattuna raskaiden ajoneuvojan vaihtoehtoiset polttoaineet mahdollistavat pienemmät päästöjen vähennysmahdollisuudet. (Kluschke ym. 2019, 1011.)

Tässä opinnäytetyössä vaihtoehtoiset polttoaineet ovat määritelty EU:n ehdotuksen mukaan. Euroopan komission ehdotus vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta luokittelee vaihtoehtoiset polttoaineet ja jakaa ne kolmeen kategoriaan. Vaihtoehtoisiin polttoaineisiin kuuluvat sähkö, vety, ammoniakki, biopolttoaineet, synteettiset polttoaineet, parafiiniset polttoaineet, maakaasu ja nestekaasu. Vaihtoehtoisten polttoaineiden kategoriat ovat päästöttömien ajoneuvojen vaihtoehtoiset polttoaineet, uusiutuvat polttoaineet ja vaihtoehtoiset fossiiliset polttoaineet. Lisäksi hybridikuorma-autot otetaan huomioon tässä opinnäytetyössä. (Euroopan komissio 2019, 2. artikla.)

Tässä opinnäytetyössä selvitetään vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönoton tilannetta Suomen maantiekuljetuksissa sekä vaihtoehtoisten polttoaineiden valmistuksen, jakelun ja käyttöönoton ongelmia kuorma-autoihin liittyen. Tavoitteena on selvittää, ovatko vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot käyttökelpoisia suomalaiselle kuljetusyritykselle nykyhetkellä, mitkä vaihtoehtoiset polttoaineet olisivat käyttökelpoisia ja mitä ongelmia vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotossa on kuorma-autoihin liittyen. Lisäksi tutkimuksessa pyritään saamaan kuvaa siitä, miten vaihtoehtoiset polttoaineet ja niitä käyttävät kuorma-autot kehittyvät tulevaisuudessa.

Maantiekuljetusten päästöjen vähentämiseksi on kehitetty uusia perinteisiä polttoaineita ja muita teknologioita. Lisäksi päästöjä pyritään vähentämään infrastruktuurin kehityksen, sekä lakien ja säädösten avulla. Tämän opinnäytetyön aiheeksi on rajattu vain kuorma-autojen vaihtoehtoiset polttoaineet Suomen maantiekuljetuksissa, sillä kaikkien eri päästöjä vähentämiskeinojen tutkiminen olisi liian laaja alue yhdelle opinnäytetyölle. Lisäksi opinnäytetyön tekijällä on myös kokemusta kuorma-autoilla ajamisesta ja kuljetussunnittelijana työskentelystä.

Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää kuljetusyrityksissä, joissa suunnitellaan vaihtoehtoisin polttoaineisiin siirtymistä. Kuljetusyrityksissä voidaan arvioida tämän tutkimuksen perusteella, minkälaisia ongelmia vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen kanssa tulee käytännössä vastaan ja mitä mahdollisia ratkaisuja näihin ongelmiin on olemassa. Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen ongelmiin voi varautua ja niitä voi ennaltaehkäistä tämän tutkimuksen avulla.

Opinnäytetyöstä hyötyvät myös vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien ajoneuvojen valmistajat ja lainsäätäjät. Valmistajat voivat selvittää, minkälaisia ongelmia heidän pitää ratkoa, jotta saavat valmistettua vähäpäästöisiä kuorma-autoja maantiekuljetuksia varten. Lainsäätäjät voivat käyttää tätä tutkimusta kehittämään lakeja, jotka edistäisivät vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönottoa ja ratkaisisivat vaihtoehtoisten polttoaineiden ongelmia.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden nykytilannetta ja pyrkiä selittämään, miksi vaihtoehtoisia polttoaineita on otettu vähemmän käyttöön. Lisäksi opinnäytetyössä pyritään saamaan kuva kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuudesta. Tutkimuksen tarkoitus on yhteydessä tutkimuksen strategiaan (Hirsjärvi ym. 2009, 138).

Tutkimuskysymykset ovat:

- Miten kuorma-autojen vaihtoehtoiset polttoaineet soveltuvat suomalaisen kuljetusyrityksen käyttöön nykyhetkellä?
- Mitä haasteita vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönotossa on Suomessa?

Opinnäytetyössä käytetään laadullista eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Lähtökohdana laadullisessa tutkimuksessa on todellisen elämän kuvaaminen ja aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu. Laadullinen tutkimus on kokonaisvaltaista tiedon hankintaa ja siinä aineisto kootaan luonnollisissa, todellisissa tilanteissa. (Hirsjärvi ym. 2009, 160–164.)

Vaikka määrällistä tietoa voidaan hankkia polttoaineiden tehokkuudesta, saatavuudesta, kustannuksista ja muista ominaisuuksista, ne eivät kuitenkaan selitä kuljetusyriyten toimintaa päästöttömien polttoaineiden kanssa. Aineistoa kerätään laadullisin menetelmin, kohdejoukko pitää valita tarkoituksenmukaisesti ja tapauksia täytyy käsitellä ainutlaatuisina. Nämä toimenpiteet ovat tyyppistä laadullisessa tutkimuksessa (Hirsjärvi ym. 2009, 164). Päästöttömien polttoaineiden nykytilanteen kartoittamiseen ja niiden käyttöönoton ongelmien selvittämiseen ei siis voi käyttää pelkkää määrällistä tutkimusta.

Tutkimusaineistoa kerättiin kirjalliskatsauksella ja haastatteluilla. Teoreettista viitekehitystä hyödynnettiin keinona tuottaa tietoa tutkimusaineistosta. Kirjallisuuskatsauksesta saatuja tietoja käytettiin haastattelujen suunnittelussa. Opinnäytetyössä tehtiin selvitystä haastatteluista ja kirjallisuuskatsauksesta saadun tiedon avulla. Kun selvitys oli tehty, esitettiin tulkintoja siitä, mitä selvitys kertoo kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden nykytilanteesta ja ongelmista Suomen maantiekuljetuksissa. Lisäksi tehtiin ennuste siitä, miten nykytilanne tulee kehittymään tulevaisuudessa.

2.1 Kirjallisuuskatsaus

Tässä opinnäytetyössä teoriaa käytettiin tutkimuksen tavoitteiden täsmentämisessä ja ohjaamisessa. Teorian avulla opinnäytetyössä tehtiin selityksiä ja ennusteita kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden nykytilanteesta ja esitettiin kriittisiä kysymyksiä niiden käyttöönottoon liittyvistä ongelmista. Teoriaa käytettiin myös aineiston keruun aikana.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaukseen haettiin mahdollisimman tuoretta tietoa, sillä vaihtoehtoiset polttoaineet ovat kehittyneet nopeasti, ja niitä koskeva lainsäädäntö on myös koko ajan muuttumassa. Aiempi tieto myös kumuloituu uuteen tutkimustietoon ja monilla aloilla tutkimustieto muuttuu nopeasti (Hirsjärvi ym. 2009, 113). Aineistoa kirjallisuuskatsaukseen haettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun kirjoista ja kirjastotietokannoista, muiden oppilaitoksien tietokannoista ja hakukoneista. Lähteinä käytettiin tieteellisiä artikkeleita, kirjoja ja alan yritysten julkaisemia tietoja.

Tutkittavaa ilmiötä voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta käyttäen erilaisia tutkimusmenetelmiä, jotka saattavat tuottaa erilaisia ristiriitaisia tutkimustuloksia. Lähdekritiikkiä tarvitaan kirjallisuuden valinnassa ja niiden tulkin-
nassa. Käytettyjä lähteitä arvioitiin kirjoittajan tunnettavuuden, kirjoittajan ar-
vostettavuuden, lähteen iän, alkuperän, uskottavuuden, totuudellisuuden ja
puolueettomuuden mukaan. (Hirsjärvi ym. 2009, 113–114.)

2.2 Haastattelut

Opinnäytetyössä käytettiin teemahaastatteluja aineiston keräämiseen. Teema-
haastattelussa aihepiirit eli teema-alueet ovat tiedossa, mutta kysymysten
tarkka muoto ja järjestys puuttuu. Teemahaastattelua käytettiin, sillä haastatel-
tavilla voi olla hyvin erilaista tietoa aiheesta, jota ei välttämättä tule esille loma-
kehaastattelussa. Haastattelulla voidaan säädellä aineiston keruuta jous-
tavi tilanteen edellyttämällä tavalla ja vastaajia myötäillen. Aiheiden järjes-
tystä voi säädellä ja vastauksien tulkitsemiseen on enemmän vaihtoehtoja
kuin postikyselyssä. (Hirsjärvi ym. 2009, 207–208.)

Haastatteluja kuorma-autojen vaihtoehtoisista polttoaineista tehtiin niiden
kanssa toimiville ammattilaisille. Haastateltavaksi haettiin henkilöitä vaihtoeh-
toisia polttoaineita käyttäviä ajoneuvoja valmistavilta yrityksiltä ja niitä käyttä-
viltä yrityksiltä. Molempien näiden yritysten määrä on pieni, joten haastattelu-
mahdollisuuksia ei ollut paljon.

Vaadittavaa haastattelujen määrää ei voi laadullisessa tutkimuksessa määri-
tellä ennen aineiston keräämistä. Haastattelujen määrä on riittävä, kun kerätty
aineisto alkaa olla saturoitunut. Saturatio viittaa aineiston riittävyteen ja kyl-
läisyyteen. Laadullisen aineiston kerääminen haastatteluilla tehdään, kunnes
haastattelut tuottavat tutkimusongelman kannalta uutta tietoa. Haastatteluissa
kerätty aineisto on riittävä, kun samat asiat alkavat kertautua niissä. Tässä
opinnäytetyössä aluksi valitut haastateltavat on mainittu edellä, mutta haasta-
teltavia haettiin lisää, jos aineisto ei ole riittävää tutkimukseen näillä haastatte-
luilla. (Hirsjärvi ym. 2009, 182.)

Haastattelujen suorittamiseen vaaditaan kysymyksiä. Kirjallisuuskatsausta
käytettiin tässä opinnäytetyössä haastattelujen kysymysten muodostamiseen.

Haastattelut suoritettiin yksilöhaastatteluina. Kaikilta haastateltavilta kysyttiin samat pääkysymykset, mutta tarkentavia kysymyksiä kysyttiin annettuiden vastausten perusteella ja haastateltavan tietämyksen perusteella. Pääkysymykset ovat listattu liitteessä 1. Kysymyksiä haastatteluja varten oli sekä tarkkoja että avoimia. Tarkoilla kysymyksillä pyrittiin saamaan tietoa jostain tietystä asiasta. Avoimilla kysymyksillä annettiin haastateltavalle mahdollisuuden kertoa vapaasti asioista, joista ei ole tarpeeksi aikaisempaa tietoa tehdä tarkkoja kysymyksiä. Haastattelut suoritettiin internetin välityksellä.

2.3 Aineiston analyysi

Kerätyn aineiston analyysi, tulkinta ja johtopäätösten teko on tutkimuksen ydinasia. Aineiston analyysissä täytyy ensin selvittää, sisältyykö aineistoon virheellisyyksiä ja puuttuuko tietoja. Tietoja voidaan täydentää haastatteluilla ja kyselyillä. Tässä opinnäytetyössä haastatteluja käytettiin kirjallisuuskatsauksesta saadun aineiston täydentämiseen. Kun aineisto on täydennetty, se järjestetään tiedon tallennusta ja analyysejä varten. (Hirsjärvi ym. 2009, 221–222.)

Aineistoa voi analysoida, kun sen kaiken on kerännyt tai sitä voi analysoida samalla kun kerää uutta aineistoa (Hirsjärvi ym. 2009, 223). Aineiston analyysiä tässä opinnäytetyössä tehtiin koko opinnäytetyöprosessin aikana. Kun kirjallisuudesta tai haastattelusta löytyi uutta tietoa, sitä käytettiin uuden tiedon hakuun ja uusien haastattelukysymysten luomiseen.

Aineistoa voi analysoida monella eri tavalla. Tässä opinnäytetyössä pyritään ymmärtämään vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen tilannetta Suomessa ja miksi vaihtoehtoisia polttoaineita ei ole otettu enemmän käyttöön. Näihin kahteen tutkimuskysymykseen käytettiin laadullista analyysia ja päätelmien tekoa.

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA SOPIMUKSET

3.1 Lainsäädäntö Euroopan unionissa

Kuorma-autot aiheuttavat noin 20 prosenttia koko Euroopan unionin tieliikenteen päästöistä. Pariisin sopimuksessa Euroopan unioni lupasi kaikkien talouden alojen vähentävän hiilidioksidipäästöjä. Vuoteen 2030 mennessä kaikkien alojen pitää vähentää sopimuksen mukaan päästöjä 30 prosentilla verrattuna vuoteen 2005. Poikkeuksena ovat alat, jotka ovat mukana päästökaupassa. Sopimuksen mukaan pitkän aikavälin päästöjen vähennys on vuoteen 2050 mennessä kaikilla aloilla 80 ja 90 prosentin välillä verrattuna vuoteen 1990. Kuljetusten alalla päästöjen vähennyksen kohde on 94 prosenttia. (Earl ym. 2018, 3.)

Vuonna 2019 Euroopan unionin parlamentti ja neuvosto pääsivät väliaikaiseen sopimukseen kuorma-autojen hiilidioksidipäästöjen vaatimuksista. Vaatimusten mukaan kuorma-autojen täytyy alentaa päästöjä 30 prosentilla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2019. Uusilla tavoitteilla ja kannustimilla pyritään vähentämään päästöjä sekä vähentämään polttoainekustannuksia ja parantamaan ilman laatua. (Ilmastotoimien pääosasto 2019.)

Euroopan unionin asetus (EU) 2019/1242 hiilidioksidipäästönormien asettamisesta uusille raskaille hyötyajoneuvoille ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusten (EY) N:o 595/2009 ja (EU) 2018/956 sekä neuvoston direktiivin 96/53/EY muuttamisesta astui voimaan vuonna 2019. Asetus asetti uusille raskaille hyötyajoneuvoille hiilidioksidipäästövaatimukset. Päästövaatimukset ovat vuodesta 2025 alkaen 15 prosentin päästöjen alennus vuoteen 2019 verrattuna. Vuonna 2030 päästövaatimukset nousevat 30 prosentin päästöjen alennukseen, ellei asetuksessa vaaditussa uudelleentarkastelussa päätetä toisin. Asetus sovelletaan uusiin kuorma-autoihin ja vetoajoneuvoihin, jotka täyttävät asetuksen määrittämät ominaisuudet. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/1242, 1. artikla.)

Euroopan unionin Fit for 55 -pakettiin kuuluu Euroopan parlamentin hyväksymä lakiesitys vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurista. Lakiesitys määrittää minimitavoitteet kansallisen vaihtoehtoisten polttoaineiden latausinfrastruktuurin rakentamiselle. Lakiesityksen mukaan joka 60 kilometrin välein

täytyy olla ainakin yksi sähkölatauspiste henkilöajoneuvoille. Kuorma-autoille ja muille raskaalle kalustolle täytyy myös löytyä vähintään yksi latauspiste joka 60 kilometrin välein, mutta vain TEN-T-runkoverkon varrella. Samassa lakiesityksessä myös ehdotetaan vetytankkauspisteiden lisäämistä joka 100 kilometrille EU:n pääteillä. (Euroopan parlamentti 2022a.)

Suomessa TEN-T-runkoverkon maantieosuudet käsittävät vain Helsinki-Kotka-Venäjä, Helsinki-Turku ja Helsinki-Oulu-Ruotsi-reitit (Väylävirasto 2023). Fit for 55 -paketin lakiesitys latauspisteiden vähimmäisetäisyyksistä ei koske TEN-T runkoverkon ulkoisia alueita, mihin kuuluu suurin osa Suomen teistä. Uuden infrastruktuurin rakentamisen lisäksi Covid-19 -pandemian jälkeen laaditussa EU:n elpymyssuunnitelmassa on myönnetty 20 miljardia euroa puhtaiden ajoneuvojen myynnin lisäämiseen (Euroopan parlamentti 2022b).

3.2 Lainsäädäntö Suomessa

Vuonna 2017 Suomessa otettiin käyttöön laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. Lailla panttiin osaltaan täytäntöön Euroopan parlamentin ja neuvoston vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin direktiivi 2014/94/EU. Lain tarkoituksena on varmistaa, että vaihtoehtoisten polttoaineiden julkiset lataus- ja tankkauspisteet ovat yhteisten teknisten eritelmien mukaisia ja että käyttäjille annetaan riittävästi tietoa vaihtoehtoisista polttoaineista ja niiden jakelusta. (Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 478/2017, 1. §.)

Suomessa on mahdollista saada valtion tukea vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnalle, pitkäaikaisvuokrauksella ja ajoneuvon muuntamista vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimimista varten. Kuorma-autoille tukea voi saada sähkökäyttöisen ja kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintaan. Tuen määrä vaihtelee kuorma-auton suurimman sallitun massan ja käytetyn polttoaineen mukaan. Sähkökäyttöisen kuorma-auton hankintatuen määrä on 6 000 ja 50 000 euron välillä. Kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintatuen määrä on 2 000 ja 6 000 euron välillä. (Laki vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan sekä ajoneuvon vaihtoehtoisella käyttövoimalla

toimivaksi muuntamisen määräaikaisesta tukemisesta 1289/2021, 3. luku 10–11. §.)

4 KUORMA-AUTOJEN VAIHTOEHTOISET POLTTOAINEET

Vaihtoehtoiset polttoaineet ovat polttoaineita tai muita voimanlähteitä, jotka osittain tai kokonaan korvaavat fossiiliset öljynlähteet liikenteessä. Lisäksi niillä on potentiaalia edistää hiilidioksidin vähentämistä liikenteestä ja parantaa liikenteen ympäristönsuojelun tasoa.

Euroopan unionin asetuksen mukaan vaihtoehtoiset polttoaineet jaettaisiin kolmeen kategoriaan. Nämä kategoriat olisivat vaihtoehtoiset fossiiliset polttoaineet siirtymävaiheeseen, vaihtoehtoiset polttoaineet päästöttömiin ajoneuvoihin ja uusiutuvat polttoaineet. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Siirtymävaiheen vaihtoehtoisiin fossiilisiin polttoaineisiin kuuluvat maakaasut, nestekaasut ja uusiutumattomasta energiasta valmistetut synteettiset ja parafiiniset polttoaineet. Vaihtoehtoisiin polttoaineisiin päästöttömille ajoneuvoille kuuluvat sähkö, vety ja ammoniakki. Uusiutuviin polttoaineisiin kuuluvat biomassasta valmistetut kaasut ja kiinteät polttoaineet sekä biomassasta valmistetut nesteelliset polttoaineet. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Päästöttömiä polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja on Suomessa otettu vain muutama käyttöön (Traficom 2022). Kuorma-autoille ei ole vielä saatavilla kaikkia vaihtoehtoisia polttoaineita, mitä muille ajoneuvoille on saatavilla. Kuorma-autojen suuret energiavaatimukset ja pitkät ajomatkat vaativat tehokkaan polttoaineen ja kattavan polttoaineinfrastruktuurin. Kaikki vaihtoehtoiset polttoaineet eivät täytä näitä vaatimuksia, joten niiden käyttö kuorma-autoissa on teknisesti vaativampaa. Vaikka kaikkia vaihtoehtoisia polttoaineita ei ole vielä käytössä kuorma-autoissa, tarkastelemme silti niitä tässä opinnäytetyössä.

Lupaavia vaihtoehtoisia polttoaineita päästöttömille kuorma-autoille ja uusiutuvia polttoaineita ovat tällä hetkellä sähkö, vety ja biopolttoaineet (Staffell ym.

2019, 464). Nestekaasut ja maakaasut ovat suosituimmat vaihtoehtoiset polttoaineet (Synák ym. 2019, 527). Polttoaineiden käyttöönotossa on kuitenkin vielä ongelmia. Ongelmat liittyvät itse polttoaineisiin, moottoritekologiaan ja polttoaineen jakeluinfraktruuriin. Hybridiajoneuvot myös vähentävät kasvihuonepäästöjä, mutta ne eivät vähennä niitä tarpeeksi, jotta päästäisiin ilmastotavoitteisiin (Tsita & Pilavachi 2017, 18).

4.1 Sähkö

4.1.1 Sähkökäyttöiset ajoneuvot

Sähkökäyttöiset ajoneuvot käyttävät tehokasta sähkömoottoria liikkuakseen. Sähkömoottoria voi ladata sähköjakeluverkosta saatavalla sähköllä, jonka ympäristöystävällisyyteen vaikuttaa sähköön valmistustapa. Sähkökäyttöiset ajoneuvot eivät tuota haitallisia saasteita ja niiden moottorit ovat erittäin hiljaisia. Siksi ne ovat sopivia käyttöön erityisesti tiheästi asutuilla alueilla. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

PEV (Plug-in Electric Vehicle) on termi, joka kattaa ladattavat hybridisähköajoneuvot eli PHEV:t (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) ja täydet sähköajoneuvot eli BEV:t (Battery Electric Vehicle). PEV:t pystyvät ottamaan sähköä ulkoisista sähkölähteistä ja varastoimaan energiaa akkuihin. Täydet sähköajoneuvot käyttävät vain sähkömoottoria liikkuakseen. Hybridikokoonpanot, joissa on polttomoottori ja sähkömoottori, vähentävät hiilidioksidipäästöjä ja säästävät polttoainetta parantamalla energiatehokkuutta. Hybridejä ei kuitenkaan lasketa vaihtoehtoiseksi polttoainetekniikaksi, jos niissä ei ole ulkoista sähkön latausmahdollisuutta. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Sähköajoneuvojen teknologia on tällä hetkellä kehittymässä ja niiden käyttöönotto on yleistymässä. Suurimmat ongelmat sähköajoneuvojen käyttöönotossa ovat korkeat kustannukset, sähkön matala energiantiheys ja akkujen suuret koot. Kaikki nämä ongelmat rajoittavat sähkökäyttöisten ajoneuvojen ajomatkaa. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Normaali sähköauton lataus kestää useita tunteja, mikä taas hidastaa kuljetuksia. Induktiivinen lataus nopeuttaisi latausta ja akun vaihto voi olla jossain ajoneuvoissa mahdollista. Akkuteknologian kehittäminen on välttämätöntä

sähköajoneuvojen markkinoille pääsyn kannalta. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

4.1.2 Sähköinfrastrukturi

Sähköajoneuvot vaativat latauspisteen, missä akku ladataan. Latausta varten ajoneuvossa täytyy olla yhteensopiva pistoke latauspaikan kanssa. Latauspisteiden puute on suuri este markkinoille pääsyssä. Pitkiä matkoja suorittavat ajoneuvot vaativat julkisia latauspisteitä, joissa ne voivat ladata akun. Latauspisteitä on lisätty kaikissa Euroopan unionin maissa, mutta harvaan asutuilla alueilla julkisia latauspisteitä voi olla vaikea löytää, mikä rajoittaa sähköajoneuvojen saavutettavuutta. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Sähköverkko on jaettu eri tasoihin jaetun jännitteen mukaan. Keski-jänniteverkko on jännitteeltään noin 10–11 kV:n suuruinen ja pienijänniteverkko on jaettu 480 V:n ja 240 V:n verkkoihin Euroopassa. Sähköajoneuvojen lataus-
asemien yhdistäminen keski-jänniteverkkoon vähentää niiden haitallisia vaikutuksia paikallisiin jakeluverkkoihin ja mahdollistaa latausasemien tehon skaalauksen tulevaisuudessa. Nykyiset sähköverkot kaupungeissa ovat tarpeeksi kehittyneitä nykyisten sähköajoneuvojen latureita varten. Tulevaisuudessa nopeammat laturit voivat vaatia suuremman kapasiteetin sähköverkoja. (Earl ym. 2018, 11–12.)

Suuri määrä sähkökäyttöisiä ajoneuvoja vaatii suuren määrän sähköä. Euroopan unionissa tuotetun sähkön määrä vuonna 2015 oli noin 3 000 TWh. Jos kaikki Euroopan unionissa käytetyt kuorma-autot, joita on noin 4,5 miljoonaa, muutettaisiin sähkökäyttöiseksi, ne vaatisivat noin 324 TWh sähköä. Tämä määrä on noin kymmenen prosenttia koko EU:n tuottamasta sähköstä vuonna 2015. (Earl ym. 2018, 9.)

Kaikkia kuorma-autoja ei kuitenkaan välttämättä muuteta sähkökäyttöisiksi ja Euroopan unionin sähköverkko kehittyy tulevaisuudessa. Sähköverkon laajentaminen ja tuotannon lisääminen on silti tärkeää kaikkien sähkökäyttöisten ajoneuvojen markkinoille tuonnissa. Uusia latauspisteitä, joissa on yhteys suuren jännitteen sähköverkkoon, täytyy rakentaa kuorma-autoja varten. (Earl ym. 2018, 9.)

4.1.3 Sähkökäyttöiset kuorma-autot

Sähkökäyttöisiä kuorma-autoja oli Suomessa vuonna 2021 liikenteessä yhdeksän kappaletta (Traficom 2022). Sähkökäyttöiset kuorma-autot sopivat hyvin kaupunkiseutujen jakeluliikenteeseen, sillä sähkömoottorit ovat hiljaisia ja vaativat lyhyet ajomäärät ennen kuin ne pitää ladata. Latauksen kesto voi olla kauan, joten latauspisteitä tarvitaan paljon. Suuritehoisia latauspisteitä oli Suomessa vuonna 2022 yhteensä 1 009 kappaletta (Sähköinen liikenne 2023).

Sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat energiatehokkuuden kannalta paras vaihtoehto hiilidioksidipäästöjen eliminoimiseen. Vuodesta 2010 akkujen hinnat ovat pienentyneet neljän kertoimella ja niiden energiatihedetydet ovat yli kaksinkertaistuneet vuoteen 2018 mennessä. Akkujen kehitys on mahdollistanut niiden käytön kuorma-autoissa. (Earl ym. 2018, 3–4.)

Jotta sähkökäyttöinen kuorma-auto pystyisi ajamaan 800 kilometrin matkan, se vaatii akun kapasiteetiksi 1000 kWh. Yksi tapa ladata sähkökäyttöinen kuorma-auto on jättää se yöksi latauspisteelle. Latauspiste vaatisi yhteyden keskijänniteverkkoon. Vaadittavien muuntajien ja keskijänniteverkkoon yhdistämisen hinta ovat suurimmat kulujen aiheuttajat latauspisteiden luomisessa. (Earl ym. 2018, 8–9.)

Latausta voi suorittaa myös silloin kun kuorma-autosta puretaan tai sinne lastataan kuormaa. Tätä varten sähkökäyttöinen kuorma-auto vaatisi akun, joka on teho-optimoitu, eli sen voi ladata lyhyessä ajassa. Akku olisi pienempi ja kalliimpi kuin akku, joka ladataan yön yli. Kuorma-auton toimintaa täytyisi optimoida, jotta montaa kuorma-autoa ei olisi ladattavana samana aikana. (Earl ym. 2018, 10.)

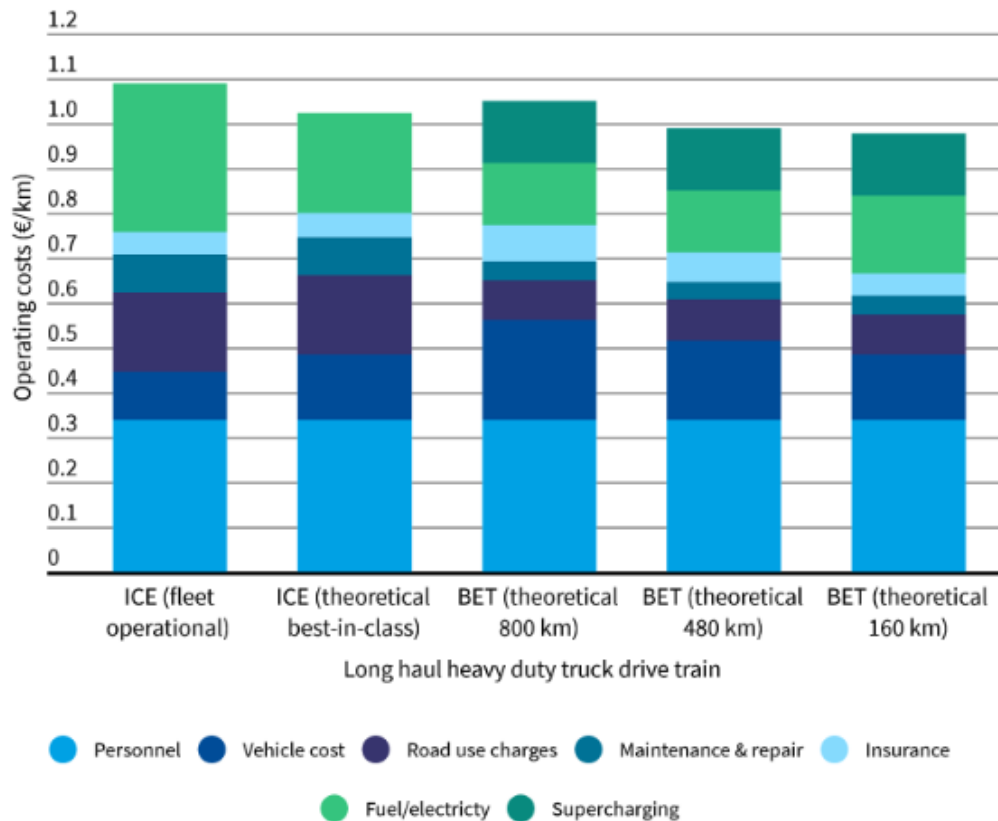
Kun akku on kokonaan tyhjä, voidaan käyttää nopeaa laturia. Nopea lataus kuormittaa sähköverkkoa eri lailla kuin hitaampi lataus. Se vaatisi paljon kattavamman sähköinfrastruktuurin, mikä aiheuttaisi paljon kustannuksia. Akkua voi myös ladata käyttäen latauspaikalla olevaa suurta akkua, jota ladataan, kun se ei ole käytössä. Latauspaikalla olevat akut olisivat halpoja ja eivät

kuormittaisi sähköverkkoa kuten nopea lataus suoraan sähköverkosta. (Earl ym. 2018, 10.)

Sähkökäyttöisillä kuorma-autoilla on kaksi suurta etua dieselkäyttöisiin kuorma-autoihin. Sähkön energiatehokkuus on suurempi kuin dieselin, sillä noin 60 prosenttia dieselin energiasta menee hukkaan lämpöenergiana. Sähkön energiantiheys on kuitenkin matalampi kuin dieselin. Lisäksi sähkökäyttöisten kuorma-autojen moottori ei aiheuta päästöjä. (Lee ym. 2018, 3.)

Perinteisiä polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja voidaan muuttaa sähköllä kulkeviksi. Suomessa dieselinä käyttäviä kuorma-autoja on alettu muuttamaan sähkökäyttöiseksi kuorma-autojen konversiotehtaalla Keuruussa. Vuonna 2021 tehdas konvertoi 10 kuorma-autoa. Konversion määrän odotetaan nousevan sataan kappaleeseen vuonna 2023. (Virranniemi 2021.)

Sähkön hinta ja kaikki muut kustannukset, jotka aiheuttavat kuluja sähköisen kuorma-auton omistuksessa, vaihtelevat paljon. Kun verrataan sähkökäyttöistä kuorma-autoa dieselkäyttöiseen kuorma-autoon, käyttökustannukset mitattuna euroina per kilometri ovat lähellä toisiaan. Lyhyen matkan sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat teoriassa hieman halvempia kuin dieselkäyttöiset kuorma-autot. Mahdollisia hintoja on verrattu kuvassa 1, jossa ICE (Internal Combustion Engine) on dieselpolttomootoria käyttävä kuorma-auto ja BET on akkukäyttöinen kuorma-auto. Kuvassa 1 on myös esitetty, mistä kuorma-autojen kustannukset muodostuvat. (Earl ym. 2018, 13–14.)



Kuva 1. sähkökäyttöisten ja dieselkäyttöisten kuorma-autojen kustannusvertailuja (Earl ym. 2018, 14)

Kuvasta 1 voidaan havaita, että teoreettisesti parhaan luokan dieselpoltto-moottoria käyttävän kuorma-auton kustannukset ovat pienempiä kuin akku-käyttöisen kuorma-auton, jolla pystyisi ajamaan 800 kilometrin matkoja. Lyhyemmän matkan sähkökäyttöisillä kuorma-autoilla on kuitenkin pienemmät kustannukset kuin teoreettisesti parhaalla dieselpolttomoottoria käytävällä kuorma-autolla. Lisäksi nykyisten käytössä olevien dieselpolttomoottoria käyttävien kuorma-autojen kustannukset ovat suurempia kuin minkään taulukossa esitetyn sähkökäyttöisen kuorma-auton kustannukset.

4.2 Vety

Vety on kevyt ja hajuton molekyyli, jota voidaan käyttää polttoaineena vety-polttoainekennoissa tai perinteisissä polttomoottoreissa. Vetyä voidaan tuottaa uusiutuvien energian lähteistä veden dissosiaation tai kaasutusprosessin kautta. (Mansoori ym. 2021, 3–4.)

Vetypolttokennot ovat sähkökemiallisia laitteita, jotka muuttavat vetyä ja happea suoraan sähköksi ja lämmöksi. Tuotettua sähköä käytetään ajoneuvon

sähkömoottorin liikuttamiseen. Vetypolttokennoilla on korkea hyötysuhde ja ne tuottavat vain vettä reaktion päästötuotteena. (Thomas ym. 2020, 407.)

4.2.1 Vetykäyttöiset ajoneuvot

Vetypolttoainekennolla toimiva ajoneuvo muuttaa vetykaasua polttoainekennolla sähköksi. Vetypolttoainekeno-ajoneuvossa moottori toimii samalla tavalla kuin sähköajoneuvossa, mutta sähkön lähteenä toimii vetykaasu, eikä sähköllä ladattu akku. Vetykaasun muuttaminen sähköksi ajon aikana on energiatehokkaampaa kuin sähköakun käyttö. Vetypolttoainekennoa käyttävillä ajoneuvoilla on suurempi toimintasäde ja lyhyempi latausaika sähkökäyttöisiin ajoneuvoihin verrattuna. (Helander 2020.)

Perinteiset polttomoottorit voidaan muokata toimimaan puhtaalla vedyllä. Ne ovat halvempia kuin polttokennot, joten niiden käyttöönotto varhaisessa vaiheessa on helpompaa. Vedyn käyttö polttomoottorissa on kuitenkin tehokkuudeltaan huonompaa kuin vedyn käyttö polttokennoissa. Vetykäyttöiset polttomoottorit vapauttavat typpidioksidia ja typpioksidia, jotka ovat haitallisia ilmaansaasteita. Tämän takia vetypolttomoottoreilla ei odoteta olevan merkittävää roolia liikenteessä pitkällä aikavälillä. (Staffell ym. 2019, 465.)

Vetyä voidaan sekoittaa maakaasuun tai dieseliin monipolttoajoneuvoissa. On myös mahdollista vaihtaa kahden polttoaineen voimansiirtojen välillä. Näillä vaihtoehtoilla on mahdollista hyödyntää olemassa olevien polttoaineiden infrastruktuuria ja helpottaa vedyn käyttöönottoa liikenteessä. Monipolttoajoneuvot eivät kuitenkaan ole päästöttömiä, joten ne ovat vain väliaikaisia ajoneuvoja siirtymisvaiheeseen. (Staffell ym. 2019, 465.)

4.2.2 Vetyinfrastruktuuri

Tällä hetkellä vetykäyttöiset ajoneuvot käyttävät tankkausasemia, jotka toimittavat vetyä 70 MPa:n paineella. Vetypolttoaineen hinta on tullut kilpailukyiseksi sähköverkon kanssa, mutta suurin osa vedystä ei tuoteta uusiutuvista lähteistä. (Thomas ym. 2020, 411.)

Vedyn infrastruktuurin kehitys on suuri este vetytollttoaineiden käyttöön- otolle. On olemassa käsitys siitä, että on luotava kaikenkattava vetytalous val- tavilla kustannuksilla ja nykyisen energiainfrastruktuurin päällekkäisyydellä. On kuitenkin mahdollista kehittää kustannustehokasta vetyinfrastruktuuria as- teittain erilaisilla tuotanto- ja jakelupoluilla ilman täysimittaista muutosta. Se on kuitenkin merkittävä haaste. (Staffell ym. 2019, 475.)

Kilpailukykyisen vähähiilisen vedyn tuottaminen suurella mittakaavalla on yksi suurimmista esteistä vetyenergiajärjestelmän kehittämiseksi. Suurin osa ve- dystä valmistetaan fossiilisista polttoaineista. Valmistuksen hiilidioksidipäästöt riippuvat raaka-aineesta ja muunnostehokkuudesta. Hiilen talteenottoa ja va- rastointia voidaan käyttää bioraaka-aineiden kanssa vedyn tuottamiseen ne- gatiivisilla hiilidioksidipäästöillä. (Staffell ym. 2019, 475–476.)

Päästöjä eniten alentava tapa tuottaa vetyä polttoaineeksi olisi veden elektro- lyysi aurinkovoimalla tai tuulivoimalla (Lee ym. 2018, 21). Ympäristöystävälli- nen elektrolyysi on noin kaksi tai kolme kertaa kalliimpaa kuin höyrymetaanire- formointi. Vaihtoehtoinen tapa valmistaa vetyä ympäristöystävällisesti on kaa- topaikkakaasujen kuivakäymisellä, mikä olisi yhtä kallista kuin höyrymetaa- nireformointi. Vedyn valmistuksen ja jakelun hinnan oletetaan laskevan jopa 50 prosentilla, jos vedyn käyttö polttoaineena yleistyy. (Mansoori ym. 2021, 4.)

Vedyn kuljettamisen vaikeus käyttäjille on ollut suuri ongelma ympäristöystä- vällisen vedyn käyttöönotossa. Laajan mittakaavan infrastruktuuria vedyn kul- jettamiselle ja säilytykselle ei ole olemassa. Koska vety on pieni molekyyli, sen kuljetus vaatii putken tai säiliön, joka on erityisesti valmistettu olemaan vuota- matta vetyä. Vuotamattomien säiliöiden ja putkien hinnat nostavat kuljetus- ja säilytyskustannuksia. Kryogeenisiä nestesäiliöautoja voidaan käyttää pienem- pien määrien kuljetuksissa. (Mansoori ym. 2021, 6.)

Vetytollttoaineet mahdollistavat pidemmät kuljetusmatkat ja lyhyemmät tank- kausajat kuin sähkökäyttöiset polttoaineet. Silti sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat teknologisessa kypsyydessä monia vuosia vetyajoneuvoja edellä, sillä sähkö- ajoneuvojen käytöllä on alhaisemmat kustannukset ja niille on rakennettu ke- hittyneempi infrastruktuuri. (Staffell ym. 2019, 465.)

4.2.3 Vetykäyttöiset kuorma-autot

Vetykäyttöisiä kuorma-autoja voidaan lajitella ajoneuvon energiajärjestelmän ja painon mukaan. Energiajärjestelmä voi olla polttoainekennoon tai akkuun perustuva. Akkuun perustuvat vetykäyttöiset kuorma-autot vaativat suuren kapasiteetin akkuja, jotka ladataan ulkoisesta sähköverkosta. Vety toimii silloin kuljetuskantaman laajentajana. Polttoainekennoon perustuvat vetykäyttöiset kuorma-autot käyttävät pienempää akkua. Niiden voimanlähteenä toimii pääasiassa sähkö, jonka tuottaa vetypolttoainekennot. (Lee ym. 2018, 4.)

Yhdysvalloissa vetykäyttöisiä kuorma-autoja käytetään pääasiassa kaupunki-toimintaan, paikalliseen toimintaan ja lyhyen matkan toimintaan. Niiden ajokantama vaihtelee noin 150 ja 200 mailin välillä, mikä vastaa 241 ja 322 kilometrin välistä kantamaa. Näiden vetykäyttöisten kuorma-autojen toiminta perustuu vetyyn, joka on puristettu 350 baarin paineeseen. Samaa painetta voidaan käyttää pidemmän matkan kuorma-autoissa, mutta ne vaatisivat enemmän tilaa vedyn säilyttämiseksi. Pienemmät ajoneuvot suuremmilla kantamilla käyttävät suurempaa painetta vedyn säilyttämiseen erilaisessa säiliössä. Suurempi paine ja erilainen vetysäiliön rakenne kuitenkin estävät nopean tankkaamisen. (Lee ym. 2018, 4–5.)

Vetykäyttöisillä kuorma-autoilla on hyötyjä ja haittoja sähkökäyttöisiin kuorma-autoihin verrattuna. Vetykäyttöisten kuorma-autojen moottorit ovat vähemmän tehokkaita pelkkiin sähkökäyttöisten kuorma-autojen moottoreihin verrattuna. Lisäksi sähkön hinta on matalampi kuin vedyn hinta. Hintojen kuitenkin odotetaan laskevan, kun vetyinfrastruktuuri kehittyy ja vetyajoneuvot yleistyvät. Vedyllä pystyy ajamaan pidempiä matkoja, kuin sähköllä. Lisäksi vetykäyttöisten kuorma-autojen tankkaus on nopeampaa kuin sähkökäyttöisten kuorma-autojen. (Lee ym. 2018 4.)

4.3 Ammoniakki

Ammoniakki on molekyyli, jonka kemiallinen kaava NH_3 . Se esiintyy kaasuna huoneenlämpötilassa normaalissa paineessa. Sitä voidaan säilyttää nesteinä matalissa lämpötiloissa ja puristettuna. Ammoniakin liekin nopeus on alhainen ja itsesyttymiskestävyys on korkea. Ammoniakki on vähemmän riskialtista kuin vety varastoinnin aikana. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Suurin osa teollisessa mittakaavassa valmistetusta ammoniakista tuotetaan fossiilipolttoaineita käyttäen. Ammoniakin käyttö ympäristöystävällisenä polttoaineena vaatii ympäristöystävällisen tuotannon. Ammoniakki on polttoaineena energiatiheydeltään pienempi kuin vety, mutta sitä on helpompi käsitellä ja kuljettaa. Vety-polttoainetta voidaan valmistaa ammoniakista. Jos ammoniakia kuljetetaan lähelle käyttöpaikkaa ja siitä valmistetaan vetyä, kuljetuskustannuksia saadaan alas. Vedyn valmistuksessa ammoniakista kuitenkin menee hukkaan paljon enemmän energiaa kuin muissa vedyn valmistustavoissa. (Mansoori ym. 2021, 10.)

Ammoniakin hyötysuhde paranee, kun sitä sekoitetaan muiden polttoaineiden kanssa. Ammoniakin seostus muiden fossiilisten polttoaineiden kanssa on tehokkain tapa vähentää hiilidioksidi- ja typpidioksidipäästöjä, jos seoksen ammoniakkipitoisuus on alle 60 prosenttia seoksen painosta. Seostus toimii erityisesti dieselin kanssa. Bensiinin ja etanolin sekoitukset ammoniakin kanssa tarjoavat myös korkean tehon vakaisissa olosuhteissa. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Ammoniakin käyttöönottoa polttoaineena polttomoottoreihin vaikeuttaa sen heikko syttyvyys, typpidioksidi- ja typpioksidipäästöt sekä puuttuva tieto ammoniakin palamisen dynamiikasta ja kemiasta. Polttoaineena ammoniakki ei ole kovin energiatehokas. Tarvittava infrastruktuuri laajamittaisille ammoniakin kuljetuksille, varastoimiselle ja jakelulle on osittain olemassa. (Mansoori ym. 2021, 11.)

Ammoniakkikäyttöisten kuorma-autojen kehitys on vasta alussa. Ensimmäinen ammoniakkikäyttöinen kuorma-auto esiteltiin vuonna 2023. Sen lataus kestää kahdeksan minuuttia ja sillä pystyy ajamaan muutaman tunnin valvotuissa olosuhteissa. Se toimii muuttamalla ammoniakin vedyksi ja käyttämällä vetyä sähkön tuotantoon. Kuorma-auto on vasta prototyyppi ja ammoniakkikäyttöisiä kuorma-autoja ei ole vielä olemassa markkinoilla. (Amogy 2023.)

4.4 Biopolttoaineet

Biopolttoaineet ovat nestemäisiä, kiinteitä ja kaasumaisia polttoaineita, jotka on valmistettu uusiutuvista biologisista materiaaleista. Biopolttoaineet yleensä luokitellaan primäärisiin ja toissijaisiin biopolttoaineisiin. Primäärisiä biopolttoaineita ovat puu, eläinrasva ja metsätähteet. Toissijaisia biopolttoaineita ovat biokaasu, biovety ja biodiesel. Toissijaiset biopolttoaineet voidaan vielä lajitella neljään pääluokkaan. (Mansoori ym. 2021, 12.)

Biopolttoaineita voidaan käyttää itsestään polttoaineena tai niitä voi sekoittaa fossiilisiin polttoaineisiin. Koska biopolttoaineita voidaan valmistaa monista eri raaka-aineista monilla eri tavoilla, niiden ympäristöystävällisyys vaihtelee valmistustavan mukaan. Biopolttoaineet voivat vähentää kokonaishiilidioksidipäästöjä merkittävästi, jos ne tuotetaan ympäristöystävällisesti. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Nykyään kaupallisesti saatavilla olevat nestemäiset biopolttoaineet ovat pääasiassa ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet perustuvat ruokakasveihin ja eläinrasvoihin. Niihin kuuluvat biodiesel ja bioetanoli. Biodiesel on uusiutuva, biohajoava polttoaine, jota valmistetaan kasviöljyistä, eläinrasvoista tai kierrätetystä ravintolarasvasta. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Biometaania voidaan valmistaa paikallisesta jätevedestä tai orgaanisesta jätteestä. Kuorma-autoissa lannan käyttö biometaanin valmistamisessa voi vähentää päästöjä 50–90 prosenttia verrattuna dieseliin. Metaanista tehdyn nesteytetyn biokaasun energiasisältö on verrattuna vastaavaan määrää dieseliä 1/1,7. Nesteytetyllä biokaasulla on mahdollista kulkea tasaisella tiellä noin 1 000 km yhdellä tankkauksella. Metaanista tehdyllä paineistetulla biokaasulla on noin 400–500 km:n toimintasäde. (Scania s.a.)

Biopolttoaineiden seokset perinteisten fossiilipolttoaineiden kanssa ovat yhteensopivia olemassa olevan polttoaineinfrastruktuurin kanssa. Useimmat ajoneuvot ovat myös yhteensopivia tällä hetkellä saatavilla olevien seosten kanssa. Esimerkkejä saatavilla olevista seoksista on E10 -benssiini, jossa on enintään kymmenen prosenttia bioetanolia ja diesel, joka sisältää enintään

seitsemän prosenttia biodieseliä. Korkeammat sekoitukset voivat vaatia muokkauksia ajoneuvojen voimansiirtoihin. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Biopolttoaineiden osuus Euroopan unionin liikenteestä on 4,4 prosenttia, mikä tekee niistä merkittävimmän vaihtoehtoisen polttoaineen. Biopolttoaineiden hyväksyntää Euroopan unionissa on vaikeuttanut koordinoitujen toimien puute uusien polttoainesekoitusten käyttöönotossa, yhteisten teknisten määritelmien puute ja vähäinen tieto uusien polttoaineiden yhteensopivuudesta uusien ajoneuvojen kanssa. Tarjontarajoitukset ja kestävyysnäkökohdat voivat rajoittaa biopolttoaineiden käyttöä. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

4.5 Maakaasu ja nestekaasu

Maakaasu koostuu pääosin metaanista, jonka kemiallinen kaava on CH_4 . Metaania voidaan pitää paineistettuna 200–250 baarin paineessa ja sitä voidaan pitää nestemäisenä alle -162 celsiusen lämpötilassa. Nesteytettyä ja paineistettua maakaasua voidaan käyttää polttoaineena samanlaisessa ottomoottorissa, joka käyttää dieseliä ja bensiiniä. (Autoalan tiedotuskeskus s.a.)

4.5.1 Nesteytetty maakaasu

Nesteytetty maakaasu eli LNG (Liquefied Natural Gas) on väritön ja hajuton neste, joka ei ole myrkyllinen. LNG valmistetaan maakaasusta ja se sisältää noin 85–95 prosenttia metaania sekä muita aineita kuten etaania, propaania, butaania ja tyyppeä. (Smajla ym. 2019, 3.)

LNG on kustannustehokas vaihtoehto dieselille kuorma-autoissa. Sillä on pienemmät epäpuhtaus- ja hiilidioksidipäästöt ja parempi energiatehokkuus dieseliin verrattuna. LNG sopii erityisen hyvin pitkän matkan maantiekuljetuksiin, jossa vaihtoehtoja dieselille on vähän. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

LNG-käyttöiset kuorma-autot ovat hiljaisempia kuin perinteiset kuorma-autot. Tämä on etu, kun ajetaan paikoissa missä, voi olla melurajoituksia, kuten joidenkin kaupunkien keskustoissa. LNG-käyttöiset kuorma-autot kuluttavat noin

20 prosenttia vähemmän polttoainetta kuin perinteiset dieselikäyttöiset kuorma-autot. (RL-Trans 2019.)

LNG-polttoaineen energiatiheys on 2,4 kertaa suurempi kuin puristetun maakaasun eli CNG:n (Compressed Natural Gas) energiatiheys. Verrattuna dieseliin LNG on kevyempää, mutta sillä on vain 60 prosenttia dieselin energiatihydestä ja 70 prosenttia bensiinin energiatihydestä. LNG-käyttöiset kuorma-autot vaativat suuremman polttoainesäiliön, jotta ne kulkisivat saman matkan kuin dieselikäyttöiset kuorma-autot. Yksi litra dieseliä vastaa 1,7 litraa LNG:tä. (Smajla ym. 2019, 4)

Polttoaineinfrastruktuurin puute, tankkauslaitteiden yhteisten teknisten määritelmien ja turvavallisuusmääritelmien puute vaikeuttavat LNG-polttoaineiden markkinoille pääsyä. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

LNG-polttoaineen tankkausasemia on kolme eri tyyppiä, jotka ovat lajiteltu polttoaineen olomuodon mukaan säilytyksen aikana. LNG voi olla nesteenä, kaasuna (LNG-CNG) tai molempina tankkausasemalla. Jokaista eri tyyppin tankkausasemaa voi olla pysyvänä tai liikkuvana mallina. Pysyvät asemat voivat yleensä tukea enemmän ajoneuvoja, mutta ne ovat kalliimpia. (Smajla ym. 2019, 10.)

LNG-käyttöisiä kuorma-autoja oli otettu Suomessa käyttöön 214 kappaletta vuonna 2021 (Traficom 2022). Tämä tekee nesteytetystä maakaasusta kaikista käytetyimmän kuorma-autojen vaihtoehtoisen polttoaineen Suomessa. LNG-käyttöisten kuorma-autojen latauspisteitä oli Suomessa vuonna 2023 yhteensä vain 15 kappaletta (Gasum 2023).

Maakaasuista LNG on CNG-polttoainetta parempi pitkille matkoille, joita kuorma-autojen täytyy usein tehdä. LNG-käyttöisten kuorma-autojen ajokantama on 950 km:n ja 1200 km:n välillä. Koska LNG on nestemäistä, sitä on helpompi ja nopeampi tankata kuin CNG-kaasua. Voimakkaat moottorit vaativat suurempia polttoaineen syöttöpaineita, mikä on helpompi saavuttaa nestemäisellä maakaasulla kuin kaasumaisella maakaasulla. (Smajla ym. 2019, 4.)

Vuonna 2013 LNG-käyttöiset kuorma-autot olivat noin 30–40 prosenttia kalliimpia kuin dieselkäyttöiset kuorma-autot Enerdatan Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan. Samassa tutkimuksessa näytettiin, että LNG-käyttöisen kuorma-auton käyttökustannukset per kilometri ovat 0,138 \$ vähemmän kuin dieselkäyttöisen kuorma-auton. Samankaltaisten Euroopassa tehtyjen tutkimusten tulokset osoittavat samankaltaisia tuloksia. Espanjassa vuonna 2017 tehdyn tutkimuksen mukaan LNG-käyttöisen kuorma-auton huoltokustannukset ovat suuremmat kuin dieselkäyttöisen kuorma-auton. Maakaasun alemman hinnan takia LNG-käyttöinen kuorma-auto tulisi kuitenkin halvemmaksi 2,16 vuoden käytön jälkeen. (Smajla ym. 2019, 4–5.)

4.5.2 Paineistettu maakaasu

Paineistettu maakaasu eli CNG (Compressed Natural Gas) on paineella kompressoitua maakaasua. CNG-käyttöisillä ajoneuvoilla on alhaiset epäpuhastuspäästöt ja niitä on siksi otettu käyttöön tiheästi asutuilla alueilla. CNG-käyttöiset ajoneuvot ovat hinnaltaan ja suorituskyvyltään kilpailukykyisiä perinteisten fossiilipolttoaineita käyttäviin ajoneuvojen kanssa. Maakaasu on halvempaa kuin bensiini ja diesel. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Maakaasujoneuvoja on noin miljoona liikenteessä koko Euroopassa. Niiden tankkausasemia on yhteen noin 3 000. Tankkausasemien lisääminen olisi helppoa jo olemassa olevasta tiheän maakaasun jakeluverkosta, jos kaasun laatu on riittävä CNG-käyttöisiin ajoneuvoihin. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

LNG-CNG tankkausasemat ovat tankkausasemia, joissa LNG muutetaan CNG-polttoaineeksi ennen kuin se tankataan ajoneuvoon. LNG-CNG tankkausasemat olisivat kustannustehokkaampia kuin pelkät CNG tankkausasemat, sillä niillä voisi tankata sekä LNG-, että CNG-käyttöisiä ajoneuvoja. LNG:tä on kuitenkin kalliimpaa valmistaa kuin CNG:tä, sillä se on teknisesti vaativampaa. (Smajla ym. 2019, 4.)

CNG-käyttöisiä kuorma-autoja oli otettu Suomessa käyttöön 194 kappaletta vuonna 2021 (Traficom 2022). CNG-käyttöiset kuorma-autot ovat Suomen toiseksi käytetyin vaihtoehtoista polttoainetta käyttävä kuorma-auto. CNG-

käyttöisten kuorma-autojen tankkausasemia oli Suomessa vuonna 2023 enemmän kuin LNG-käyttöisten kuorma-autojen tankkausasemia (Gasum 2023).

CNG on energiatiheydeltään paljon pienempi kuin LNG. Yksi litra LNG-polttoainetta vastaa noin 2,4 litraa CNG-polttoainetta. CNG-käyttöisten kuorma-autojen ajokantama on noin 450 kilometriä, mikä on noin puolet LNG-käyttöisten kuorma-autojen ajokantamasta. CNG-polttoaineen tankkaus on hitaampaa, kuin LNG:n, koska CNG on olomuodoltaan kaasu. (Smajla ym. 2019, 3–4)

Pienemmän ajokantaman ja halvemman tuotannon takia CNG-polttoaine on vaihtoehtoinen polttoaine lyhyen matkan kuorma-autoille. Nämä olisivat esimerkiksi kaupungeissa käytettäviä jakeluautoja. Jos CNG-infrastruktuuri kehittyy ja tankkauspisteet yleistyvät, CNG-käyttöisiä kuorma-autoja voi olla mahdollista käyttää pidempien matkojen ajoihin. Tämä kuitenkin vaatii suuremman määrän investointia CNG-infrastruktuuriin kuin vaatisi LNG-infrastruktuuriin verrattuna.

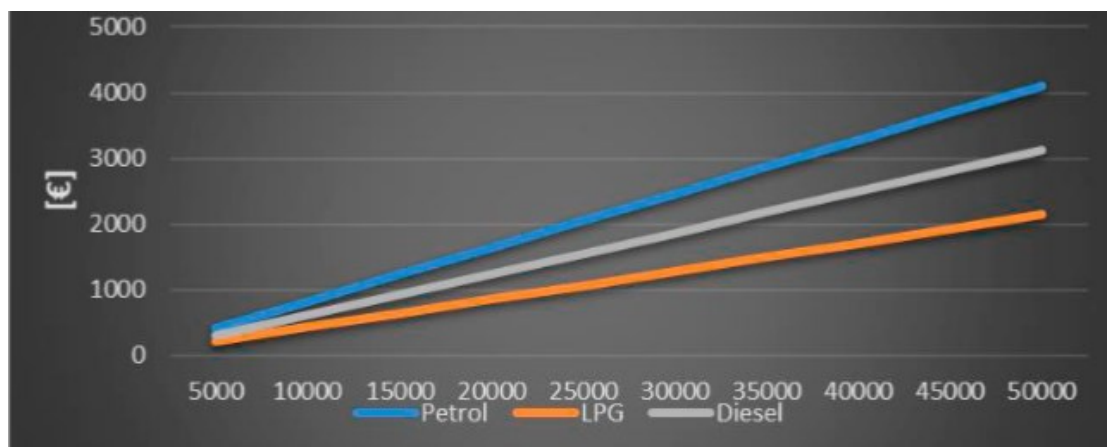
4.5.3 Nestekaasut

Nestekaasut eli LPG:t (Liquefied Petroleum Gas) ovat hiilivetypolttoaineketjun sivutuote. Ne koostuvat suurimmaksi osaksi propaanista ja butaanista, ja sisältävät pieniä määriä muita aineita (Synák ym. 2019, 528). Nestekaasuja tuotetaan raakaöljystä ja maakaasusta. Tulevaisuudessa niitä voi olla mahdollista tuottaa biomassasta. Ajoneuvoissa käytetty nestekaasu on tunnettu myös nimellä autokaasu. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Nestekaasun käyttö liikenteessä lisää resurssitehokkuutta. Sen hiilidioksidipäästöt ovat 35 prosenttia pienemmät kuin hiilen ja 12 prosenttia pienemmät kuin öljyn. Nestekaasu ei myöskään tuota yhtään mustaa hiiltä, mikä on toiseksi suurin ilmaston lämpenemisen aiheuttaja. Nestekaasulle on ominaista alhaiset hiukkaspäästöt, alhaiset typpidioksidipäästöt ja alhainen rikki- ja hiivapitoisuus. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)

Nestekaasu on Euroopan laajimmin käytetty vaihtoehtoinen polttoaine, jonka infrastruktuurin investoinnit ovat kuitenkin vähäiset. Euroopan unionissa on

noin 32 000 nestekaasun jakelupistettä. Autokaasua käyttää yli 15 000 000 autoa. (European Alternative Fuels Observatory s.a.)



Kuva 2. Kuorma-autojen polttoainekustannukset Ruotsissa vuonna 2018 (Synák ym. 2019)

Nestekaasujen hinnat ovat Euroopan unionin maissa paljon matalampia kuin dieselin ja bensiinin hinnat. Ruotsissa vuonna 2018 tehdyn tutkimuksen mukaan ajoneuvoilla, jotka käyttävät nestekaasua, on myös alhaisemmat polttoainekustannukset per kilometri kuin diesel- tai bensiinikäyttöisillä ajoneuvoilla. Polttoainekustannusero kasvaa, kun ajettujen kilometrien määrä kasvaa kuvan 2 mukaan. (Synák ym. 2019, 531.)

5 VAIHTOEHTOISTEN POLTTOAINEIDEN MARKKINAT

Sähkökäyttöisiä kuorma-autoja on tullut markkinoille Euroopan unionissa. Perinteisten dieselkäyttöisten kuorma-autojen valmistajat ovat alkaneet valmistamaan sähkökäyttöisiä kuorma-autoja. Suurin osa näistä ovat olleet lyhyisiin matkoihin tarkoitettuja kuorma-autoja, jotka toimivat usein kaupunkialueilla. Pitempiä matkoja ja suurempia kuormia varten vaaditaan tehokkaampia akkuja käyttäviä ajoneuvoja. (Earl ym. 2018, 5.)

Nykyiset vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien raskaiden ajoneuvojen markkinat ovat vielä aikaisessa vaiheessa. Suurin osa kuorma-autoista on dieselkäyttöisiä. Vaihtoehtoisten polttoaineiden teknologian kypsyys on vielä alhainen, mutta kiinnostus aiheeseen on lisääntynyt. (Kuschke ym. 2019, 1011.)

Scanian valmistamia biokaasuja ja maakaasuja käyttäviä kuorma-autoja oli Suomessa vuonna 2019 käytössä 60 kappaletta. Jakeluverkoston laajeneminen ja autojen tekninen kehitys on lisännyt raskaan liikenteen kaasuajoneuvoja. Kaasuja käyttävien moottoreiden kehitys on mahdollistanut massaltaan suurempia kaasuja käyttävien kuorma-autojen myyntiä käyttäjille. (Scania s.a.)

Tulevaisuudessa vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen odotetaan lisääntyvän raskaiden ajoneuvojen markkinoilla. Enintään noin 30 prosenttia raskaista ajoneuvoista ennustetaan olevan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimivia vuonna 2050. Ilman poliittisia tai säänteleviä toimenpiteitä vaihtoehtoisten polttoaineiden osuus raskaiden ajoneuvojen markkinoista tulee olemaan vähemmän kuin vaadittaisi ilmastotavoitteita varten. (Kuschke ym. 2019, 1021.)

Raskaita sähkökäyttöisiä kuorma-autoja on valmistanut ja myynyt muutama valmistaja, kuten Tesla, Daimler ja Mercedes-Benz. Pienempien sähkökäyttöisten jakeluautojen valmistajien määrä on kuitenkin suurempi. Näitä valmistaa esimerkiksi Euroopassa Volvo, Renault ja Emoss. Vetypolttoainekkenoja käyttäviä kuorma-autoja on vielä kehitteillä yrityksissä kuten Toyota, Hyundai ja Scania. Bio- ja maakaasua käyttäviä kuorma-autoja on tullut markkinoille ennen muita vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja, joten niitä on enemmän käytössä. Kaasukäyttöisiä kuorma-autoja valmistavat Euroopassa esimerkiksi Iveco, Scania ja Volvo. Biopolttoaineita käyttäviä kuorma-autoja valmistaa esimerkiksi Scania. Nesteen kehittämää biodieseliä on mahdollista käyttää kaikissa perinteisissä dieselajoneuvoissa. (Helander 2020.)

6 HAASTATTELUT

Opinnäytetyössä haastateltiin kuorma-autojen kanssa toimivia ammattilaisia. Haastatteluihin kutsuttiin kuljetusyritysten ja autonvalmistajien henkilöstöä. Haastattelujen tarkoituksena oli saada tuoretta tietoa kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden ominaisuuksista, saatavuudesta, markkinoista, käytön haasteista ja mahdollisista ratkaisuista näihin haasteisiin. Haastatteluissa käytetyt kysymykset ovat liitteessä 1.

Koska vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja valmistaa ja käyttää vain muutama yritys, vaihtoehtoja haastateltaville ei löytynyt paljon. Tähän opinnäytetyöhön saatiin kahden suuren kuorma-autonvalmistajan edustaja haastateltaviksi. Vaikka haastateltavia oli vähän, näistä haastatteluista saatu tieto on silti käyttökelpoista. Molemmilta haastateltavilta saatu tieto alkoi osittain toistumaan haastatteluissa ja se näin täyttää tiedon saturaation kriteerin.

6.1 Haastattelun tulokset

Haastatteluissa haastateltiin Scanian ja Volvon edustajia. Haastattelu suoritettiin Microsoft Teams -ohjelman avulla netin välityksellä. Haastattelun aikana saadut vastaukset kirjoitettiin ylös ja ne ovat tiivistetty tähän kappaleeseen.

Scania valmistaa erilaisia vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja ja myy niitä Suomessa. Näihin vaihtoehtoisiin polttoaineisiin kuuluvat sähkö, LNG, hybridi ja biopolttoaineet kuten vetykäsitelty kasviöljy eli HVO, etanoli ja metaanikaasu. Scaniasta haastattelin Michael Mannforssia, joka toimii maahantuonnin tuotepäällikkönä Suomessa. Hän on toiminut kestävän kehityksen, sähköistymisen ja biokaasujen kanssa Scaniassa työskennellessään.

Volvo on suuri autojen valmistaja, joka valmistaa myös kuorma-autoja. Volvosta haastattelin Janne Silvoista, joka on toiminut maahantuonnin, sähkökäyttöisten kuorma-autojen ja sähköistymisen kanssa. Volvo valmistaa sähkökäyttöisiä, kaasukäyttöisiä, nesteytettyä kaasua käyttäviä, paineistettua kaasua käyttäviä ja uusiutuvaa dieseliä käyttäviä kuorma-autoja.

Scanian syyt valmistamiensa vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen valintaan liittyvät polttoaineiden energiasisältöön, saatavuuteen ja yhteensopivuuteen aikaisemman teknologian kanssa. Sähkön ja erilaisten kaasujen energiasisältö on lähempänä dieseliä kuin muut vaihtoehtoiset polttoaineet. Sähkön ja kaasujen hankinta on myös helpompaa niiden saatavuuden ansiosta. Sähköä voidaan saada olemassa olevasta sähköverkosta latauspisteelle. Sähköä ja kaasuja käyttävät moottorit ovat parhaiten yhteensopivia nykyisen kuorma-autoteknologian kanssa ja perinteisiä kuorma-autoja voidaan muuttaa toimimaan hybridinä tai kokonaan vaihtoehtoisilla polttoaineilla toimiviksi. Volvon syyt olivat samanlaisia. Silvonon lisäksi, että tekniikan kypsyys ja

olemassa oleva infrastruktuuri vaikuttavat paljon siihen, mitä ajoneuvoja he voivat myydä.

Sekä Scanian että Volvon edustajat selittivät, että vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen ajo-ominaisuudet ovat lähes samalla tasolla kuin dieseliä käyttävien kuorma-autojen. Suurin ero vaihtoehtoisilla kuorma-autoilla ja dieselkäyttöisillä kuorma-autoilla on päästöissä. Sähköajoneuvoissa ajotun-tuma on erilainen, sillä se on hiljainen. Hybridiajoneuvojen CO₂-päästöt ovat noin 90 prosenttia matalammat kuin dieselkäyttöisten kuorma-autojen CO₂-päästöt. Hybridi kuorma-auton voi muuttaa toimimaan pelkästään sähköllä, mikä nostaa sen CO₂-päästövähennyksen 100 prosenttiin.

Scanian edustaja kertoi, että kasviöljyyn ja kaasupolttoaineisiin ei vaikuta kyl-mät olosuhteet enemmän kuin dieseliin, sillä niillä on samanlaiset lämpömi-naisuudet. Rasvahappometyyliesteribiopolttoaineella eli FAME:lla on kuitenkin haasteita kylmässä. Volvon edustajan mukaan sähkökäyttöisten kuorma-auto- jen kantama pienenee talvella, sillä kylmät kelit nostavat energiakulutusta, kun hukkaenergiaa tarvitaan enemmän lämmittämiseen. Kaikki polttomoottorilla toimivat vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot ovat toiminnaltaan samanlaisia kuin sähkökäyttöiset kuorma-autot.

Scanian edustajan mukaan HVO-polttoaineen kantomatka on samanlainen kuin dieselin. CNG-käyttöisen kuorma-auton kantama on noin 500–600 km, LNG-käyttöisen kuorma-auton on noin 1000 km ja sähkökäyttöisen kuorma- auton kantama on noin 300 km. Volvon edustaja antoi samanlaisia kantamia. Hän myös mainitsi, että ihanteellisissa olosuhteissa sähkökäyttöisen kuorma- auton kantama voi olla 500 km.

Scanian edustaja kertoi, että Suomessa ei ole tällä hetkellä vähimmäisäänita- son vaatimuksia kaupungissa ajaville ajoneuvoille. Sähkökäyttöiset kuorma- autot ovat kuitenkin lähes äänettämiä. Niiden lyhyen ajokantaman takia ja ää- nettömyyden takia sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat hyvin sopivia ajoon kau- pungeissa, joissa latauspisteille on lyhyempi matka. Jos vähimmäisäänitasoja tulee otettua käyttöön Suomessa, sähkökäyttöiset kuorma-autot tulevat ole- maan yksi sopiva vaihtoehto kaupunkikäyttöön.

Scanian ja Volvon edustajien mukaan vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen kysyntä on muuttunut paljon viimeisen muutaman vuoden aikana. Kysyntää on paljon enemmän. Erityisesti kahden viime vuoden eli vuodesta 2020, kysyntä on noussut eniten. Kysyntä on myös vielä nopeassa kasvussa. Kaasukäyttöisten kuorma-autojen käyttö on muuttunut normaaliksi, mutta sähkökäyttöisten kuorma-autojen käyttöönotto on vielä alussa.

Suurimmat esteet vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönottoon olivat Scanian ja Volvon edustajien mielestä puuttuva infrastruktuuri ja uuden ajoneuvon kustannukset. Nestemäisillä vaihtoehtoisilla polttoaineilla on jo olemassa laaja infrastruktuuri, mutta se vaatii vielä lisäystä. Sähköinfrastruktuuri on olemassa henkilöajoneuvoilla, mutta kuorma-autoille se on vielä alkuasteilla. Tankkausasemat ovat painottuneet paljon eteläiseen ja läntiseen Suomeen, jolloin pohjoisessa ja idässä vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotto on vaikeampaa. Erityisesti raskaalle kalustolle ei ole tarpeeksi infrastruktuuria.

Scanian edustaja mainitsi, että Infrastruktuurin parantamiseksi EU:n AFIR-asetus ja TEN-T-verkosto vaativat tankkausasemien lisäämistä. Projekti on kuitenkin vasta aluillaan ja vaikuttaa vain pääväylille. Suomen energiavirasto pyrkii lisäämään biokaasun tankkausasemia. Molempien yritysten edustajat myös mainitsivat sähkö- ja kaasuautojen hankinnalle olevan saatavilla rahallista tukea Traficomilta. Hankintatuet ovat kuitenkin pienet verrattuna uuden ajoneuvon hintaan. Myös infrastruktuurin rakentamiselle löytyy tukia.

Molemmat Scanian ja Volvon edustajat olivat samaa mieltä siitä, että tulevaisuudessa dieselin ohelle on tulossa lisää vaihtoehtoja, eikä se välttämättä poistu käytöstä. Dieselkäyttöiset kuorma-autot voivat vielä kehittyä tehokkaammaksi ja ympäristöystävällisimmiksi. Lisäksi dieselmoottori on yhteensopiva joidenkin vaihtoehtoisten polttoaineiden kanssa. Vaihtoehtoisista polttoaineista jokin tietty polttoaine ei tule olemaan ainoa käytettävä polttoaine, vaan monia vaihtoehtoisia polttoaineita tullaan käyttämään riippuen kuorma-auton käyttötarkoituksesta. Kypsymättömät polttoaineteknologiat kuten vety- ja ammoniakkiteknologiat tulevat yleistymään.

Tällä hetkellä Scanian ja Volvon edustajan mukaan, jos suomalainen kuljetusyritys lähtisi hankkimaan uutta vaihtoehtoista polttoainetta käyttävää kuorma-autoa, sen käyttämä polttoaine riippuisi hyvin paljon käyttöympäristöstä. Volvon edustaja kertoi sähkön olevan tällä hetkellä sopivin kaupunkiajoihin ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen olevan sopivimpia muihin pidemmän matkan ajoihin.

7 POLTTOAINEIDEN VERTAILU

Teoriaosiossa vaihtoehtoisten polttoaineiden ja niitä käyttävien kuorma-autojen tietoja listattiin kappaleissa, jotka olivat jaettu polttoaineittain. Haastatte- luista saatiin myös tietoa eri polttoaineista ja niiden tilanteesta. Jotta voin muodostaa yleisen kuvan vaihtoehtoisten polttoaineiden tilanteesta ja saada vas- taukset tutkimuskysymyksiin, minun täytyy vertailla eri polttoaineiden tilan- netta. Tässä kappaleessa on käytetty kirjallisuuskatsauksesta ja haastatte- luista saatua tietoa polttoaineiden vertailuun.

Kuorma-autojen käyttämät vaihtoehtoiset polttoaineet ovat kehittymässä käyt- tökelpoisiksi ja muutamia vaihtoehtoisia polttoaineita on jo otettu käyttöön kuorma-autoissa. Kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden teknologiat, infrastruktuuri ja käyttöönotto ovat henkilöautojen vaihtoehtoisten polttoainei- den jäljessä. Suomessa suurin osa vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävistä kuorma-autoista ovat maakaasulla toimivia. Myös sähköllä, vedyllä ja biopolt- toaineilla toimivia kuorma-autoja on otettu jonkin verran käyttöön.

7.1 Polttoaineiden ominaisuudet

Sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat yksi kehittyneimmistä vaihtoehtoisia poltto- aineita käyttävistä kuorma-autoista. Niitä on silti otettu vain pieni määrä käyt- töön suomalaisissa kuljetusyrityksissä. Sähkön matala energiatiheys ja akku- jen vaativat suuret koot rajoittavat sähkökäyttöisten kuorma-autojen toimin- tasädettä.

Vetykäyttöiset kuorma-autot ovat sähkökäyttöisten kuorma-autojen lisäksi yksi kehittyneimmistä vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävistä kuorma-autoista. Niitä ei myöskään ole otettu käyttöön suuria määriä Suomessa. Polttoainekennolla

toimivat vetyajoneuvot ovat sähkökäyttöisiä ajoneuvoja energiatehokkaampia ja niillä on suuremmat toimintasäteet.

Ammoniakkikäyttöisiä kuorma-autoja ei ole vielä markkinoilla ja niiden kehitys on vasta alussa. Ammoniakki on energiatiheydeltään pienempi kuin vety, mutta sitä voidaan käyttää vedyn valmistamisessa. Vedyn valmistuksesta ammoniakista kuitenkin menee paljon energiaa hukkaan verrattuna muihin vedyn valmistustapoihin. Esteenä ammoniakin käytölle polttoaineissa on sen pieni energiatiheys, teknologian puute, infrastruktuurin puute ja ammoniakin aiheuttamat typpidioksidi- ja typpioksidipäästöt.

Biopolttoaineita on otettu käyttöön kuorma-autoissa. Käytössä olevia biopolttoaineita ovat esimerkiksi biodiesel, bioetanoli ja biometaani. Pieniä määriä biopolttoaineita on mahdollista käyttää fossiilisten polttoaineiden seassa perinteisissä polttomootoreissa. Moottorit kuitenkin vaativat muokkauksia voimansiirtojärjestelmään, jos biopolttoaineen osuus polttoaineesta on suuri. Uusien biopolttoaineiden ja niillä toimivien moottoreiden yhteensopivuuden puute on vaikeuttanut biopolttoaineiden käyttöönottoa.

Nestemäisellä maakaasulla eli LNG:llä toimivia kuorma-autoja on laajemmassa käytössä kuin muita vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja. LNG-polttoaineen energiatiheys on pienempi kuin dieselin, mutta sillä on silti mahdollista ajaa pitkiä ajomatkoja. LNG-käyttöisen kuorma-auton kantama voi olla yli kaksi kertaa suurempi kuin sähkökäyttöisen kuorma-auton.

Paineistetulla maakaasulla eli CNG:llä toimivia kuorma-autoja on otettu vähemmän käyttöön kuin LNG-käyttöisiä kuorma-autoja. Niiden kantomatka on pienempi kuin LNG-käyttöisten kuorma-autojen CNG-polttoaineen pienemmän energiatiheden takia. CNG-käyttöisen kuorma-auton kantama on sähkökäyttöistä kuorma-autoa hieman suurempi.

Nestekaasuja eli LPG:tä tuotetaan maakaasusta ja raakaöljystä. Suuri osa nestekaasujoneuvon kehityksestä on keskittynyt henkilöajoneuvoihin eikä raskaisiin ajoneuvoihin.

7.2 Infrastrukturi

Sähkökäyttöiset kuorma-autot vaativat pitkät latausajat. Sähköajoneuvojen latausverkosto on jo laaja pienille ajoneuvoille, mutta suuremmille ajoneuvoille ei ole vielä olemassa tarpeeksi kattavaa latausverkostoa. Lisäksi latausverkosto on keskittynyt Suomessa etelään ja länteen, eikä se ole yhtä kattava itäisessä ja pohjoisessa Suomessa.

Vetykäyttöisen kuorma-auton lataus on paljon nopeampaa kuin sähkökäyttöisen kuorma-auton lataus. Laajaa infrastruktuuria vedyn kuljettamiselle ja säilytykselle ei ole olemassa. Vetymolekyylin pieni koko vaatii erityisesti valmistetun säiliön kuljetusta ja säilytystä varten, mikä nostaa vetyinfrastruktuurin kehityksen kustannuksia. Vedyn hinta on suurempi kuin sähkön, mutta sen odotetaan laskevan, kun vetyinfrastrukturi kehittyy.

Biopolttoaineita voidaan kuljettaa olemassa olevan polttoaineinfrastruktuurin kanssa. Seoksia, joissa fossiilipolttoaineeseen on lisätty biopolttoainetta, on jo saatavilla perinteisiltä tankkauspisteiltä. Biopolttoaineseoksia voi tankkata samanlailla kuin fossiilipolttoaineita.

LNG-polttoaineen energiatiheys on pienempi kuin dieselin, joten LNG-käyttöiset kuorma-autot vaativat suuremmat polttoainesäiliöt, jotta niiden kantomatka vastaisi dieselikäyttöisen kuorma-auton kantomatkaa. CNG-polttoaineen energiatiheys on paljon pienempi kuin LNG-polttoaineen, joten ne vaativat vielä suurempia polttoainesäiliöitä. CNG-käyttöisen kuorma-auton tankkaaminen myös kestää kauemmin kuin LNG-käyttöisen kuorma-auton. Nestekaasujen infrastruktuurin investoinnit Euroopan unionissa ovat olleet vähäiset, vaikka niitä käyttää moni henkilöajoneuvo. Polttoaineinfrastruktuurin puute on suuri ongelma maa- ja nestekaasukäyttöisten kuorma-autojen käyttöönotossa.

7.3 Kustannukset

Sähkökäyttöisen kuorma-auton käyttökustannukset eivät ole merkittävästi suurempia dieselikäyttöiseen kuorma-autoon verrattuna. Sähkökäyttöiset kuorma-autot ovat teknisesti valmiina yleiseen käyttöön, mutta uuden ajoneuvon kustannukset ovat suuri este niiden käyttöönotossa.

Vetykäyttöisten kuorma-autojen käyttökustannukset ovat suuremmat kuin sähkökäyttöisten kuorma-autojen. Sähkökäyttöisten kuorma-autojen tapaan vetykäyttöiset kuorma-autot ovat teknisesti valmiita yleiseen käyttöön. Niiden käyttöönottoa rajoittaa sähkökäyttöistä kuorma-autoa suuremmat kustannukset.

Dieselmääräisiä kuorma-autoja voidaan muokata toimimaan puhtaalla vedyllä, mutta puhtaalla vedyllä toimivat kuorma-autot ovat tehokkuudelta huonompia kuin vetypolttoainekennolla toimivat kuorma-autot. Konversio dieselistä vetyyn on halvempaa kuin uuden kuorma-auton ostaminen, mutta puhtaalla vedyllä toimivat ajoneuvot tuottavat haitallisia saasteita, joita vetypolttoainekennolla toimivat ajoneuvot eivät tuota.

LNG-käyttöisten kuorma-autojen käyttökustannukset ovat pienemmät kuin dieselmääräisten kuorma-autojen. Halvemman hinnan takia CNG on mahdollinen polttoaine lyhyen matkan kuorma-autoille, mutta sen huonot puolet LNG-polttoaineeseen verrattuna vaikeuttavat sen käyttöä pitkän matkan kuorma-autoissa. Nestekaasujen hinnat ja käyttökustannukset ovat alhaisemmat kuin dieselin ja bensa. Uuden ajoneuvon hankinnan kulut ovat suuri ongelma maakaasuja käyttävien kuorma-autojen käyttöönotossa.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden tilannetta Suomessa. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää, mitkä kuorma-autojen vaihtoehtoiset polttoaineet ovat sopivia suomalaisen kuljetusyrityksen käyttöön tällä hetkellä. Toisena tutkimuskysymyksenä oli selvittää, minkälaisia ongelmia on kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotossa. Opinnäytetyössä käytettiin kirjallisuuskatsausta ja haastatteluja tiedon hankkimiseen. Hankitun tiedon avulla pystytään vastaamaan opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin ja tekemään johtopäätöksiä kuorma-autojen vaihtoehtoisista polttoaineista Suomessa.

8.1 Tiedon laatu

Kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi tutkimuksia, lainsäädäntöä ja erilaisten yritysten ja järjestöjen julkaisemia tietoja kuorma-autojen vaihtoehtoisista polttoaineista. Kaikki valitut tutkimukset olivat mahdollisimman tuoreita. Suurin

osa niistä oli vain muutaman vuoden ikäisiä. Valittujen tutkimusten rajaus mahdollisimman tuoreiksi varmistaa niistä saatujen tietojen olevan oikein ja ajan tasalla, sillä kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden tutkimus on nopeasti kehittyvä tieteenala. Kaikki opinnäytetyössä käsitelty lainsäädäntö on kirjoituksen aikana voimassa olevaa ja koskee Suomea ja Euroopan unionia.

Kirjallisuuskatsauksessa käytettiin tutkimuksia, jotka arvioivat vaihtoehtoisten polttoaineiden ja niitä käyttävien kuorma-autojen tilannetta käytännössä. Näitä tutkimuksia ei ollut tehty Suomessa, vaan muissa EU:n maissa tai Yhdysvalloissa. Näistä tutkimuksista saatuja tietoja ei välttämättä voi hyödyntää Suomessa olevan tilanteen tulkitsemiseen. Suurin osa kirjallisuuskatsauksessa käytetyistä teksteistä oli kirjoitettu englannin kielellä. Englannin kieliset tekstit ja niissä käytetyt termit käännettiin suomeksi.

Erilaisten yritysten ja järjestöjen julkaisemia tietoja käytettiin kirjallisuuskatsauksessa. Näiden tietojen tarkkuutta arvioitiin vertaamalla niitä tutkimuksista saatuihin tietoihin. Yritysten ja järjestöjen julkaisemia tietoja verrattiin tutkimuksista saatuihin tietoihin ja niistä saadut tiedot suurin osin vastaavat tutkimuksista saatuja tietoja. Kaikkia tietoja ei voitu tarkistaa, sillä joitain yrityksiltä ja järjestöiltä saatuja tietoja ei käsitelty missään tässä opinnäytetyössä lähteenä käytetyssä tutkimuksessa. Koska suuri osa yrityksiltä ja järjestöiltä saaduista tiedoista vastaa tutkimuksista saatuja tietoja, voidaan olettaa muidenkin tietojen olevan todellisia.

Haastatteluihin vastasi vain kaksi henkilöä. Vaikka haastateltavien henkilöiden määrä on alhainen, saatu tieto on silti käytettävää. Henkilöt työskentelivät suurissa yrityksissä, jotka valmistavat vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja. Koska vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot ovat nopeasti kehittyvää ja uutta teknologiaa, niitä valmistavia yrityksiä ei ole olemassa monta. Haastatteluista saadut vastaukset antoivat osittain samoja tietoja kuin kirjallisuuskatsauksesta saadut tiedot. Lisäksi haastatteluissa tuli ilmi uusia asioita erityisesti vaihtoehtoisen polttoaineiden tilanteesta Suomessa.

8.2 Johtopäätökset

Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, mikä on vaihtoehtoisten polttoaineiden soveltuvuus suomalaisen kuljetusyrityksen käyttöön nykyhetkellä. Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen soveltuvuus suomalaisen kuljetusyrityksen käyttöön vaihtelee polttoaineittain.

Soveltuvimmat polttoaineet ovat maakaasu ja sähkö. Näiden polttoaineiden tekninen kehitys on mahdollistanut niitä käyttävien kuorma-autojen ajo-ominaisuuksien olevan perinteisiin dieselkäyttöisiin kuorma-autoihin verrattuna kilpailukykyisiä. Polttoaineiden infrastruktuurin puute on vielä suuri este vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönotolla. Infrastruktuurin on keskittynyt eteläiseen Suomeen ja muualla Suomessa sen puute voi estää vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön.

Eteläisessä Suomessa maakaasu- ja sähkökäyttöisiä kuorma-autoja on mahdollista käyttää tavallisissa kuljetustoiminnoissa. Muilla alueilla tankkauspaikkojen etäisyys toisistaan estää joidenkin reittien käytön ja pienen kantaman omaavien kuorma-autojen käytön ajomatkoille tankkauspaikkeen läheisyydestä kauemmas. Muita kuin maakaasu- ja sähkökäyttöisiä kuorma-autoja on mahdollista käyttää lyhyempien matkojen kuljetuksissa. Tämä vastaa ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Toinen tutkimuskysymys oli, mitä haasteita vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönotossa on Suomessa. Eri polttoaineilla on erilaisia haasteita käyttöönotossa, mutta suurin osa liittyy teknologian kypsytyteen, infrastruktuurin puutteeseen ja kustannuksiin.

Haastattelujen ja kirjallisuuskatsauksesta saadun tiedon perusteella kuorma-autojen vaihtoehtoiset polttoaineet ovat vielä kehittymässä ja niiden kehitys on jäljessä vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien henkilöajoneuvojen kehityksestä. Kuorma-autojen vaihtoehtoisten polttoaineiden teknologian kypsyys on vielä alkuvaiheilla ja se on suuri este vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttöönotolle.

Uuden kuorma-auton hankinnan hinta on suuri ja vaikka vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen hinnat eivät ole merkittävästi suuremmat kuin perinteisten kuorma-autojen, hinta on silti korkea. Joidenkin vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen hankinnalle on saatavilla rahallista tukea, mutta ne eivät ole riittäviä kattamaan suurinta osaa kuluista. Vaihtoehtoista polttoainetta käyttävän kuorma-auton hankinnassa on siten samat haasteet kuin dieselkäyttöisen kuorma-auton hankinnassa.

Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen käyttökustannukset ovat samankaltaiset tai jopa alemmat dieselkäyttöisiin kuorma-autoihin verrattuna. Polttoaineen hinta ja kulutus vaikuttavat suuresti käyttökustannuksiin. Vaihtoehtoisten polttoaineiden hinnat kehittyvät, kun polttoaineiden käyttö nousee. Tällä hetkellä maakaasun ja sähkön käyttö polttoaineena ei ole merkittävästi kalliimpaa dieseliin verrattuna. Polttoaineen hinta ei ole este vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien ajoneuvojen käyttöönotossa.

Vaikka polttoaineen hinta ei ole este, sen saatavuus on. Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuri on vielä kehittymässä, ja joillekin polttoaineille sitä ei ole käytännössä olemassa ollenkaan. Sähkön, maakaasun ja muiden saatavilla olevien polttoaineiden tankkauspisteet ovat keskittyneet Suomessa etelään ja osittain länteen. Tankkauspisteiden väliset etäisyydet voivat olla liian pitkiä erityisesti pohjoisessa Suomessa, jotta vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot voisivat käyttää niitä. Tankkausinfrastruktuurin puute on suuri haaste joidenkin polttoaineiden käyttöönotolle koko Suomessa ja kaikkien polttoaineiden käyttöönotolle pohjoisessa ja itäisessä Suomessa.

Teknologian kypsyys ja polttoaineiden jakeluinfrastruktuurin puute ovat suurimmat haasteet vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöönotolle Suomessa. Uuden ajoneuvon hankinnan kustannukset ja käyttökustannukset ovat myös haasteita, mutta ne eivät ole merkittävästi suurempia kuin dieselkäyttöisen kuorma-auton kustannukset. Polttoaineiden hinta itsestään ei ole haaste, sillä hinnat ovat alhaisemmat tai samankaltaiset verrattuna dieseliin. Tämä vastaa toiseen tutkimuskysymykseen.

8.3 Jatkotutkimusmahdollisuuksia

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen soveltuvuutta kuljetusyrityksen käyttöön nykyhetkellä ja niiden käyttöönoton haasteita. Vaihtoehtoisista polttoaineista ja niiden käytöstä on kuitenkin vielä paljon mahdollisia tutkimusmahdollisuuksia.

Vaihtoehtoisten polttoaineiden ja niitä käyttävien kuorma-autojen käytännön haasteista kuljetusyrityksissä käytiin läpi tässä opinnäytetyössä vain kirjallisuuskatsauksen ja valmistajien haastattelujen avulla. Aiheesta voisi tehdä jatkotutkimuksen, johon kuuluisi haastatteluja vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuljetusyritysten työntekijöiden kanssa. Tästä jatkotutkimuksesta saisi tärkeää tietoa käytännön ongelmista, mitkä eivät välttämättä tulleet tässä opinnäytetyössä ilmi.

Suurin osa käytetyistä lähteistä koski ulkomailla joko EU:n sisällä tai muualle tehtyjä tutkimuksia ja tietoja. Jotta saataisiin enemmän tietoa Suomen tilanteesta, voisi jatkotutkimuksena selvittää tarkemmin vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin kattavuutta ja kustannuksia Suomessa.

9 POLTTOAINEIDEN TULEVAISUUS

Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelun aikana keräsin tietoa vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuudesta. Tällä hetkellä on käynnissä tai suunnitteluvaiheessa olevia rakennusprojekteja, jotka laajentavat polttoaineiden infrastruktuuria. Lisäksi vaihtoehtoisten polttoaineiden teknologian kehitys on nopeaa ja ajoneuvojen valmistajat ovat suunnittelemassa uusia, ominaisuuksiltaan parempia vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja. Koska muutos on tällä hetkellä nopeaa, näen hyväksi kirjoittaa kappaleen vaihtoehtoisten polttoaineiden lähitulevaisuudesta.

Kirjallisuuskatsauksessa todettiin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden teknologia kehittyy ja kaikkia vaihtoehtoisia polttoaineita ei vielä ole markkinoilla. Kun teknologia kehittyy, jo käytössä olevia polttoaineita käyttävien ajoneuvojen ominaisuudet parantuvat ja uusia polttoaineita käyttäviä ajoneuvoja tulee markkinoille. Polttoaineiden infrastruktuuri on myös vielä kehittymässä, ja sen laajeneminen mahdollistaa vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen

käyttönoton alueilla, joilla niitä ei voi vielä tankkausasemien välisten pituuksien takia käyttää.

Tällä hetkellä on jo saatavilla monia erilaisia vaihtoehtoisia polttoainetta perinteisten polttoaineiden lisäksi. Mikään yksi polttoaine ei näytä kehittyvän standardiksi ja tulevaisuudessa luultavasti tulee olemaan käytössä monia erilaisia vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä ajoneuvoja. Kirjallisuuskatsauksessa tuli ilmi eri polttoaineiden hyviä ja huonoja puolia. Tämän perusteella yksi polttoaine ei tule olemaan vakiintunut, vaan polttoaineita tullaan käyttämään eri tilanteissa. Esimerkiksi sähkö- ja vetykäyttöiset kuorma-autot sopivat paremmin lyhyiden matkojen ajoon kaupungeissa, kun taas maakaasulla on mahdollista ajaa pidempiä matkoja.

Haastatteluissa kysyin ajoneuvojen markkinoiden kehityksestä ja polttoaineiden tulevaisuudesta. Markkinoissa on etenkin viimeisen muutaman vuoden aikana tapahtunut paljon muutosta. Vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen myynnit ovat nousseet paljon, ja niitä valmistavat yritykset ovat tuoneet uusia kehittyneimpiä malleja markkinoille. Haastatteluissa tuli myös ilmi ajatus siitä, että vaihtoehtoiset polttoaineet eivät tule korvaamaan dieseliä ja että yksi polttoaine ei tule olemaan vakiintunut ainakaan lähitulevaisuudessa.

LÄHTEET

Amogy. 2023. Amogy Presents World's First Ammonia-Powered, Zero-Emission Semi Truck. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.1.2023. Saatavissa: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/01/17/2589877/0/en/Amogy-Presents-World-s-First-Ammonia-Powered-Zero-Emission-Semi-Truck.html> [viitattu 5.5.2023].

Autoalan tiedotuskeskus s.a. Bio- ja maakaasu. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bio-ja-maakaasu [viitattu 27.5.2023].

Earl, T., Mathieu, L., Cornelis, S., Kenny, S., Ambel, C. & Nix, J. 2018. Analysis of long haul battery electric trucks in EU: marketplace and technology. Economic, environmental, and policy perspectives. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/20180725_T&E_Battery_Electric_Trucks_EU_FINAL.pdf [viitattu 21.1.2023].

Euroopan komissio. 2021. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta. WWW-dokumentti. Päivitetty 14.7.2021. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0559&from=en> [viitattu 16.1.2023].

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi (EU) 2019/1242.

Euroopan parlamentti. 2019. Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoja ja tilastoja. WWW-dokumentti. Päivitetty 21.6.2022. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190313STO31218/autojen-hiilidioksidipaastot-tietoa-ja-tilastoja> [viitattu 15.1.2023].

Euroopan parlamentti. 2022a. Meppien mukaan autojen latauspisteitä tulee olla vähintään 60 km välein. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.10.2022. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20221014IPR43206/meppien-mukaan-autojen-latauspisteita-tulee-olla-vahintaan-60-km-valein> [viitattu 20.5.2023].

Euroopan parlamentti. 2022b. Vaihtoehtoisia polttoaineita autoilla: niiden käytön lisääminen. WWW-dokumentti. Päivitetty 16.11.2022. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20221013STO43019/vaihtoehtoisia-polttaineita-autoille-niiden-kayton-lisaaminen> [viitattu 21.5.2023].

European Alternative Fuels Observatory. s.a. Alternative fuels. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/alternative-fuels> [viitattu 13.1.2023].

Gasum. 2023. Tankkausasemakartta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/?station-Types=LNG> [viitattu 4.4.2023].

Helander, B. 2020. Vaihtoehtoiset polttoaineet raskaassa liikenteessä: missä mennään. Verkkolehti. Päivitetty 26.1.2020. Saatavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/vaihtoehtoiset-polttoaineet-raskaassa-liikenteessa/> [viitattu 11.5.2023].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Ilmastotoimien pääosasto. 2019. Clean mobility: putting an end to polluting trucks: commission welcomes first-ever EU standards to reduce pollution from trucks. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.2.2019. Saatavissa: https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/clean-mobility-putting-end-polluting-trucks-commission-welcomes-first-ever-eu-standards-reduce-2019-02-19_en [viitattu 21.2.2023].

Kluschke, P., Gnann, T., Plötz, P. & Wietschel, M. 2019. Market diffusion of alternative fuels and powertrains in heavy-duty vehicles: A literature review. *Energy Reports* 5, 1010–1024. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.07.017> [viitattu 26.2.2023].

Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 478/2017.

Laki vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan sekä ajoneuvon vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivaksi muuntamisen määräaikaista tukemisesta 1289/2021.

Lee, Y.-D., Elgowainy, A., Kotz, A., Vijayagopal, R. & Marcinkoski, J. 2018. Life-cycle implications of hydrogen fuel cell electric vehicle technology for medium- and heavy-duty trucks. *Journal of Power Sources* 393, 217–229. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.05.012> [viitattu 18.1.2023].

Mansoori, G., Agyarko, B., Estevez, L., Fallahi, B., Gladyshev, G., Santos, R., Niaki, S., Perišić, O., Sillanpää, M., Tumba, K. & Yen, Jeffrey. 2021. Fuels of the Future for Renewable Energy Sources (Ammonia, Biofuels, Hydrogen). PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://arxiv.org/abs/2102.00439> [viitattu 10.2.2023].

RL-Trans. 2019. LNG:llä toimiva irtotavaran kuljetusajoneuvo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rltrans.fi/fi/2022/09/12/rl-trans-tuo-kalustoonsa-kaksi-lng-kayttoista-kuorma-autoa/> [viitattu 15.1.2023].

Scania. s.a. Biokaasu ja maakaasu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehtoiset-polttoaineet/biokaasu-maakaasu.html> [viitattu 15.3.2023].

Smajla, I., Sedlar, D., Drljača, B. & Jukić, L. 2019. Fuel switch to LNG in heavy truck traffic. *Energies* 12, 515. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/en12030515> [viitattu 3.3.2023].

Staffell, I., Scamman, D., Abad, A., Balcombe, P., Dodds, P., Ekins, P., Shah, N. & Ward, K. 2019. The role of hydrogen and fuel cells in the global energy

system. *Energy & Environmental Science* 12, 463–491. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1039/C8EE01157E> [viitattu 25.2.2023].

Synák, F., Čulík, K., Rievaj, V. & Gaňa, J. 2019. Liquefied petroleum gas as an alternative fuel. *Transportation Research Procedia* 40, 527–534. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.076> [viitattu 28.2.2023].

Sähköinen liikenne. 2023. Sähkökäyttöisen liikenteen tilannekatsaus Q1/2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://emobility.teknologiateollisuus.fi/sites/emobility/files/inline-files/2023%20Q1%20Sa%CC%88hko%CC%88inen-Liikenne%20tilannekatsaus%202023%2004%2027%20jaettava.pdf> [viitattu 22.5.2023].

Thomas, J., Edwards, P., Dobson, P. & Owen, G. 2020. Decarbonising energy: The developing international activity in hydrogen technologies and fuel cells. *Journal of Energy Chemistry* 51, 405–415. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.03.087> [viitattu 1.3.2023].

Traficom. 2022. Liikennekäytössä olevat kuorma-, linja- ja erikoisautot merkeittäin ja malleittain 31.12.2022. Excel-dokumentti. Saatavissa: <https://tieto.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Liikennekaytossa-olevat-ajoneuvot-kayttovoimittain-vuosimuutos-31-12-2022.xlsx> [viitattu 16.1.2023].

Tsita, K. & Pilavachi, P. 2017. Decarbonising the Greek road transport sector using alternative technologies and fuels. *Thermal Science and Engineering Progress* 1, 15–24. Verkkolehti. Saatavissa: <https://scihub.ru/10.1016/j.tsep.2017.02.003> [viitattu 23.5.2023].

Vilkkä, H. 2021. Tutki ja kehitä. 5. Päivitetty painos. Jyväskylä: PS-kustannus. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 18.1.2023].

Väylävirasto. 2023. Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.4.2023. Saatavissa: <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent> [viitattu 21.5.2023].

Virranniemi, G. 2021. Yle. Dieselrohmut saavat uuden elämän sähköautoina – kuorma-autojen konversiotehdas aloittaa syksyllä Keuruulla. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.5.2021. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-11951357> [viitattu 8.2.2023].

HAASTATTELUKYSYMYKSIÄ VALMISTAJILLE

Kertokaa itsestänne ja miten olette tekemisissä vaihtoehtoisten polttoaineiden kanssa.

Mitä vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja yrityksenne tuottaa?

Miksi tuotate juuri näitä kuorma-autoja? Miksi ette valmista muita?

Minkälaisia etuja vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävillä kuorma-autoilla on perinteisiin kuorma-autoihin verrattuna? Entä haittoja?

Vaikuttavatko Suomen olosuhteet, esim. kylmyys ja pitkät matkat, vaihtoehtoisten polttoaineiden käytettävyyteen?

Minkälaiset vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät kuorma-autot sopivat parhaiten kaupunkikuljetuksiin. Entä pitkän matkan kuljetuksiin?

Onko vaihtoehtoisten polttoaineiden kysyntä muuttunut viime vuosina? Miten?

Mitä esteitä näette vaihtoehtoisten polttoaineiden kuorma-autojen käyttöönotossa?

Onko infrastruktuurin puute vaikeuttanut käyttöönottoa?

Onko lainsäädännössä mitään, mikä vaikeuttaa vaihtoehtoisten polttoaineiden kuorma-autojen valmistusta ja myyntiä?

Miten näette vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen tulevaisuuden?

Mikä vaihtoehtoisista polttoaineista on mielestänne tulevaisuudessa paras vaihtoehto?