



jamk

Kuljetuskumppanin rooli osana hiilineutraalia kuljetusjärjestelmää

Sähkö kuorma-auton käyttövoimana

Juha Rissanen

Opinnäytetyö, ylempi AMK

Toukokuu 2023

Digitaalinen toimitusketju

Rissanen, Juha

Kuljetuskumppanin rooli osana hiilineutraalia kuljetusjärjestelmää

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2023**, 71 sivua

Digitaalinen toimitusketju tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö YAMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuljetusjärjestelmien strategioita sekä suunnitelmia, kuinka nyt ja tulevaisuudessa toteutetaan päästövähennyksiä. Opinnäytetyössä perehdyttiin ilmastonmuutokseen ilmiönä ja liikenteen rooliin ilmastonmuutoksessa. Lisäksi haluttiin tutkia, miten globaalit kansalliset päästötavoitteet on määritelty mm. liikenteelle. Kohdeyrityksenä oli jakelukuljetuksiin keskittynyt Pk-yritys, joka palvelee kumppanina useammalle kotimaassa toimivalle kuljetusverkostolle. Pienillä yrityksillä on vielä tässä vaiheessa vähän mahdollisuuksia investoida uusiin ja kalliisiin teknologioihin. Työ rajattiin koskemaan sähkökuorma-autolla tehtävää lähialueen ja erityisesti kaupunkialueen jakelupalvelua. Tavoitteena oli saada selkeä kuva, miten hyvin sähkö soveltuu suunniteltuun kuljetuspalveluun, ja miten kohdeyritys voisi päästä mukaan uuden teknologian käyttöön.

Työ on ajankohtainen, koska tavoitteet ilmaston lämpenemisen pysäyttämiseksi ovat korkealla. Liikenne käyttää energianlähteenä paljon fossiilisia polttoaineita ja on sen takia velvoitettu pienentämään päästöjä. Siirtyminen korvaaviin sekä vaihtoehtoisiin käyttövoimiin on välttämätön tulevaisuuden kannalta. Suuret toimijat testaavat ja hakevat käyttökokemuksia sähköisistä ratkaisuista aktiivisesti. Tutkimuksen varsinaisena menetelmänä olivat teemahaastattelut kuljetusjärjestelmän edustajille. Lisähaastatteluja tehtiin perinteisten kuorma-autojen valmistajien edustajille. Haastattelujen lisäksi hyödynnettiin dokumenttianalyysiä vertailemalla tarjouspyyntömateriaaleja todelliseen sähkökuorma-autohankintaan.

Haastatteluissa selvisi, että kuljetusjärjestelmät pyrkivät päästöjen vähennyksiin aktiivisesti useiden eri toimenpiteiden kautta jo tämän hetken menetelmillä. Tämän lisäksi on käynnissä lukuisia innovatiivisia kokeiluhankkeita, jotka tähtäävät täydelliseen hiilineutraaliuteen omassa toiminnassaan. Kuljetusjärjestelmän omat tavoitteet olivat hyvin synkroniassa esim. Suomen hallituksen asettamien hiilineutraaliustavoitteiden kanssa. Haastattelujen perusteella saatiin koottua mahdolliset vaihtoehdot, kuinka Pk-yritys voisi osallistua palvelutuotantoon täyssähköisellä kuorma-autolla yhteistyössä?

Tutkimuksessa ilmeni, että sähkö toimii teknisesti hyvin, ja suureen osaan jakeluliikennettä se soveltuu erittäin hyvin. Haasteena tavoitteille lähitulevaisuudessa tulee olemaan latausinfra kehittyminen sekä laajentuminen samassa suhteessa, kuin kuorma-autojen määrän uskotaan kasvavan. Latausasemien hinnat ja asennuskulut ovat yllättäneet alan toimijat sekä myös asiakkaat.

Avainsanat (asiasanat)

Kasvihuoneilmiö, hiilineutraalius, ilmaston lämpeneminen, ilmastotavoitteet, käyttövoimat, sähkökuorma-auto, latausinfra.

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)-

Rissanen Juha

The role of a transport partner in a carbon neutral transport system

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2020, 70 pages.

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The purpose of this thesis was to collect information on the strategies of transport systems and on how to execute the plans to cut both current and future emissions. The thesis concentrates on climate change as a phenomenon and on the impact of transport on climate change. Furthermore, the goal was to examine how global and national emissions targets are set eg for the transport sector. The target company of the study was an SME, which specializes in providing delivery services and collaborates with several transport networks in Finland. At present, investing in new and expensive technologies is a challenge faced by small businesses. The study focused on the delivery services provided by companies that use battery-electric trucks in vicinities and especially in urban areas. The goal was to get a clear picture of how suitable electricity would be for the planned transport service and, additionally, how the target company could introduce the new technology.

The study is topical as the objectives set to stop global warming are ambitious. Large quantities of fossil fuels are used as an energy source for transportation; hence the crucial importance of cutting emissions. The transition to alternative propulsion systems that replace the old ones is essential for our future. Big operators actively test electric solutions and gather data on user experience. The primary research method of this thesis was the thematic interviews of the transport systems representatives. Manufacturers of traditional trucks were also interviewed. Furthermore, document analysis was conducted as a research method, focusing on the comparison of calls for tenders and the actual acquisition of electric trucks.

The interviews indicated that present transport systems aim actively at emission reductions by various different measurements. In addition, there are plenty of innovative pilot projects that emphasize total carbon neutrality in their activities. The targets of the transport system were well synchronized with eg the carbon neutrality targets set by the Government Programme of Finland. The information gathered from the interviews served as a basis for finding ways for the SME to collaborate with another company in providing transport services with battery-electric trucks.

The results of the study indicate that electricity is technically well functioning and highly suitable for most transport services. In the near future the challenges of achieving the targets will be the development and expansion of charging infrastructure in proportion to the growing amount of new electric trucks. Electric vehicle charger prices and the costs of installing charging stations have surprised both transport service providers and their customers.

Keywords/tags (subjects)

Greenhouse effect, carbon neutrality, global warming, climate target, propulsion, electric truck, charging infrastructure.

Miscellaneous (Confidential information)-

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tutkimusasetelma	5
2.1	Tavoite ja tutkimuskysymykset	6
2.2	Lähestymistapa ja menetelmät kehittämistyölle	7
3	Ilmastonmuutos ja sen aiheuttajat	9
3.1	Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut	12
3.2	Hiilineutraalius ja kestävä kehitys	13
4	Ilmastotavoitteet ja liikenne	15
4.1	Ilmastosopimukset ja tavoitteet	15
4.2	Kansalliset tavoitteet hiilineutraalille liikenteelle	16
4.2.1	Kansalliset toimenpiteet vuoden 2030 tavoitteisiin	18
4.2.2	Kansalliset toimenpiteet vuoden 2045 tavoitteisiin	19
4.3	Kuljetusjärjestelmien tavoitteet liikenteen osalta	19
4.3.1	Kuljetusjärjestelmä: Posti	19
4.3.2	Kuljetusjärjestelmä: Schenker Oy	20
5	Kuorma-auton vaihtoehtoiset käyttövoimat	21
5.1	Biomassapohjaiset käyttövoimat öljyn korvaajana	21
5.2	Uusiutuvan dieselin lisääminen	22
5.3	Maa- ja biokaasu käyttövoimana	22
5.4	Sähkö ja vety kuorma-auton käyttövoimana	23
5.5	Liikenteen käyttövoimat Suomessa	24
6	Sähkö kuorma-auton käyttövoimana	25
6.1	Toimittaja: Scania	26
6.2	Toimittaja: Volvo	26
6.3	Toimittaja: DAF	27
6.4	Yhteenveto: sähkökuorma-autojen toimittajat	27
6.5	Sähkökuorma-autojen tulevaisuus	28
6.6	Akkuteknologian perusteet	29
6.7	Latausinfrastruktuuri raskaille ajoneuvoille	30
6.8	Sähkön riittävyys tieliikenteen tarpeisiin	33
7	Tutkimuksen toteutus	34
7.1	Dokumenttianalyysi	35
7.2	Havainnointi	36

7.3	Teemahaastattelut	37
7.4	Tutkimuksen analysointi ja havainnot	39
8	Tulokset.....	40
8.1	Teema 1: Ilmastonmuutoksen torjunta sekä hiilidioksidipäästöjen vähennys.....	40
8.2	Teema 2: sähkön soveltuvuus käyttövoimana	45
8.3	Teema 3: Miten kuljetuskumppani osaksi sähköistä jakelutuotantoa?	47
8.4	Vaihe 2. Maahantuojat.....	49
9	Johtopäätökset.....	50
10	Pohdinta.....	53
	Lähteet	59
	Liitteet	63
	Liite 1. Haastatteluteemat.....	63

Kuviot

Kuvio 1.	Ilmastonmuutoksen nykyinen trendi (Aaltonen 2019, mukailtu).....	12
Kuvio 2.	Liikenteen päästöt EU:ssa 2019. (Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja 2019.)18	
Kuvio 3.	Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen peruennuste 22.4.2020 (Andersson,A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari,J., Hokkanen, E. 2020).	18
Kuvio 5.	Sähkön käyttöön vaikuttavat tekijät (Kalenoja, 2019, mukailtu).....	23
Kuvio 6.	Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ensirekisteröinnit 2015-2022 (Traficom, 2022).	25
Kuvio 7.	Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T (Väylävirasto 2023).....	32
Kuvio 8.	Tutkimuksen prosessin vaiheet.....	35
Kuvio 9.	Kuva rahtipyörästä kuormatilalla (New Atlas 2022)	42

Taulukot

Taulukko 1.	Kohdeyrityksen kuorma-autot (kalustorekisteri Kuljetuspalvelut.com)	5
Taulukko 2.	Liikennekäytössä olevat kuorma-autot 30.9.2022 (Tarficom, 2022).	24
Taulukko 3.	Vertailu sähkökuorma-autojen ominaisuuksista (Scania, Volvo, Nordic Truck Center, 2022, mukailtu)	28
Taulukko 4.	Litiumakkutekniikat (Linja-aho, V. 2022, 30 – 35 mukailtu).....	30
Taulukko 5.	Jakeluinfraohleman ajoneuvotavoitteet kuorma-autoille. (Jääskeläinen, S. jne. 2023, mukailtu)	33
Taulukko 6.	Teemahaastattelun osallistujat	39
Taulukko 7.	Tutkimuksen teemahaastattelujen tulosten yhteenveto	48

1 Johdanto

Opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia perinteisen kuljetusyrityksen roolia asiakkaana olevien kuljetusjärjestelmien kumppanina tilanteessa, missä halutaan siirtyä ilmaston lämpenemisen ehkäisemiseksi hiilineutraaliin liikenteeseen. Kohdeyritys tuottaa tällä hetkellä jakelupalveluita kahdelle valtakunnalliselle kuljetusjärjestelmälle useammalla paikkakunnalla noin 70 kuorma-auton voimin.

Ilmastonmuutoksen ja lämpenemisen ehkäisemiseksi on tehty paljon päätöksiä sekä määritelty tavoitteita, joilla pyritään varmistamaan elinolojen säilyvyys. Yksi merkittävä tavoitteellinen erimerkki on Suomen Valtioneuvoston asetuksella ratifioidut Pariisin Ilmastopöytäkirjan 29 artiklaa, joilla jäsenvaltiot pyrkivät rajoittamaan ilmaston lämpenemistä. (A 14.12.2016/76.) Kansallisena esimerkkinä ilmastopäätöksistä voidaan käyttää Suomen hallituksen hiilineutraalin liikenteen tiekarttaa, jossa on Pariisin sopimuksen mukaisesti Valtioneuvoston asettamat tavoitteet sekä toimenpiteet kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen puolittamiseksi vuoteen 2030 mennessä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021.) Kuljetuspalveluiden tuottajat tekevät omia tavoite ohjelmia sekä linjauksia päästöjen vähentämiseksi erilaisilla keinoilla omissa toimintaympäristöissään. Kuljetusjärjestelmät testaavat ja pilotoivat esim. kuljetuskaluston sähköversioita kokemuksen sekä tiedon lisäämiseksi.

Tapanisen (2018) mukaan liikenteen ilmastoon vaikuttavien ympäristötekijöiden vähentämiseksi on olemassa kolme keskeistä keinoa:

1. Olemassa olevan tekniikan kehittämistä vähemmän ilmastoa kuormittavaksi.
2. Kuljetustarpeeseen käytetyn kuljetusmuodon vaihtaminen vähemmän ympäristöä kuormittavaksi. Tästä voi olla esimerkkinä lentokuljetuksen vaihtaminen rautatiekuljetukseksi.
3. Operatiivisen toiminnan muutokset esim. tehokkuutta ja käyttöastetta nostamalla.

Operatiivisen toiminnan kautta on monia erilaisia keinoja parantaa kuljetusten ympäristövaikutuksia. Siirtyminen pois fossiilisista polttoaineista on liikenteessä paras keino ehkäistä ilmaston lämpenemistä. (Tapaninen 2018, 122–126.) Sähkön uskotaan olevan tulevaisuudessa yksi paljon hyödynnetyistä käyttövoimista kuorma-autoissa. Sähkötekniikan testausta toteutetaan ja käyttökokemuksia haetaan tällä hetkellä isojen kuljetusjärjestelmien omana tutkimuksena. Opin-

näytetyön tutkimuksessa halutaan selvittää miten kuljetusyritys voi päästä mukaan, ja olla osa hiilineutraalia kuljetusjärjestelmää. Esim. Schenker Oy:n Suomen jakeluverkoston tuotanto on toteutettu 95 %: ti kumppaniliikennöitsijöiden toimesta, eli ei omalla kalustolla (Nurmi 2022). Posti on asettanut tavoitteekseen hiilineutraalit kuljetuspalvelut vuoteen 2030 mennessä (Posti vastuullisuusraportti 2021). Voidaan siis perustellusti olettaa, että tutkimuksen aiheella on merkitystä; miten kuljetusjärjestelmien vähä- tai nollapäästöinen kuljetuspalvelu saadaan tulevaisuudessa tuotettua tavoitteiden mukaisesti.

Tutkimustyön yhtenä teemana on selvittää ilmaston lämpenemisen ehkäisemiseksi asetettuja tavoitteita sekä ohjelmia liikenteen näkökulmasta. Tavoitteena on tutustua kansainvälisiin sekä kansallisiin tavoitteisiin, ja selvittää, mitkä ovat tämän hetken tavoitteet sekä suunnitelmat nimettyjen asiakkaiden kuljetusjärjestelmissä.

Uudenmaan Kuljetuspalvelu Oy

Uudenmaan Kuljetuspalvelu Oy on vuonna 1994 perustettu perheyritys. Yrityksen omistajina toimivat Mika Pärssinen (60 %) ja Sari Oksa (40 %). Yrityksen liiketoiminta on alkanut yhdellä autolla Mika Pärssisen toimesta kasvaen nykyiseen mittakaavaan. Alusta alkaen jakelukuljettaminen on ollut yrityksen ydinliiketoimintaa. Yrityksen historiassa liikennettä on harjoitettu yksittäisille asiakkaille sekä isommille toimeksiantajille. Alkuvaiheessa elintarvikekuljetukset ovat olleet yrityksen päätoimiala. Kuljetusliiketoiminnan ohella yrittäjät ovat olleet mukana raskaan kaluston huolto- ja korjaustoiminnassa ostettuaan Tampereen Autopalvelu Oy:n osake-enemmistön vuonna 2010. Korjaamoliiketoiminta ajettiin kuitenkin kannattamattomana alas vuonna 2015.

Vuonna 2011 Mika Pärssinen perusti Lempäälän Autokuljetus Oy:n. Samassa yhteydessä Uudenmaan Kuljetuspalvelun elintarvikekuljetusten palvelut siirrettiin uuteen yhtiöön. Tällöin tehtiin eri yhtiöiden välillä keskittyminen kahteen erilliseen jakelutoimintaan: elintarvikekuljetuksiin sekä kappaletavarakuljetuksiin. 2010 luvulla yrityksessä toteutui vahvaa kasvua molempien yhtiöiden osalta. Vuonna 2015 Uudenmaan Kuljetuspalvelu Oy:n palveluvalikoimaan tuli mukaan nosturilla varustetuilla kuorma-autoilla toteutettu kappaletavarajakelu. Nosturijakelu aloitettiin lähinnä rautakaupan sekä rakentamisen tarpeisiin. Lokakuussa 2022 kahden yrityksen rinnalle aloitettiin kol-

mannen yhtiön liiketoiminta. Tuolloin toimintansa aloitti Helsingin Kone ja Kuljetus Oy, joka keskittyy tässä vaiheessa vain kappaletavarajakeluun valtakunnallisen kuljetusjärjestelmän kumppanina. Kaikkien yritysten yhteenlaskettu liikevaihto on noin 22 M€ vuodessa, ja autolukumäärä on noin 170 kuorma-autoa (Taulukko1.). Jokaisella yrityksillä on oma kalusto, kuljettajat sekä operatiivinen henkilökunta. Hallinnollisten toimintojen osalta yrityksillä on yhteinen organisaatio. Opinnäytetyön tekijä toimii kaikissa kolmessa kuljetusyhtiössä toimitusjohtajana vastaten operatiivisen toiminnan lisäksi myös myynnistä.

Taulukko 1. Kohdeyrityksen kuorma-autot (kalustorekisteri Kuljetuspalvelut.com)

	Daf	Man	Mercedes-Benz	Scania	Volvo	Yht.
2 akseliset	12	37	12	18	4	83
3 akseliset tai enemmän	11	16		55	6	88

2 Tutkimusasetelma

Siirtyminen pois fossiilisten polttoaineiden käyttämisestä on muodostunut isoksi muutosajuriksi liikenteen energiaratkaisuille lähitulevaisuudessa. Kohdeyrityksen asiakkaat ovat asettaneet omat tavoitteensa fossiilivapaalle kuljettamiselle. Tämän opinnäytteenä tehtävän tutkimustyön päämääränä on tunnistaa ideoita- ja kehittämisehdotuksia. Ojasalo, Moilanen & Ritalahti (2015, 13) korostavat että tulevaisuudessa yritysten menestyminen riippuu, ei muutokseen sopeutumisesta, vaan kyvystä toimia kehityksessä aktiivisesti mukana. Tämän hetken tiedon mukaan sähkökuorma-auton hankintahinta voi olla jopa kolminkertainen verrattuna vastaavaan polttomoottoriautoon (Pärssinen, 2022). Sähköauton korkeampi hankintahinta voi olla merkittävä este Pk yrityksen omalle aktiivisuudelle, kun tavoitellaan liikenteen päästövähennyksiä tulevaisuudessa.

Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritalahti, J. (2015, 26) mukaan tutkimuksellinen kehittämistyö voi olla ns. ongelmaperustainen tai uudistamisperustainen. Tutkimuksen määrittelyssä voi löytää elementtejä molemmista perusteista. Siirtyminen uusiin käyttövoimiin kuljetuskalustossa on sekä toimintatapojen uudistamista, mutta myös ongelmanratkaisua, missä pyritään saavuttamaan asetetut tavoitteet. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää keinoja sekä ideoita, miten kuljetusyritys voi olla osana asiakkaiden (kuljetusjärjestelmien) hiilineutraalia palvelutuotantoa? Miten kohdeyritys voisi

olla tuomassa lisäarvoa asiakkailleen ja saavuttaa sitä kautta esim. kilpailuhyötyä suhteessa muihin toimijoihin? Miten kuljetusjärjestelmät aikovat toteuttaa tavoitteet suhteessa kuljetuskumppanien kalustoratkaisuihin? Iso osa järjestelmien tuotannosta on tuotettu liikennöitsijöiden toimesta, eikä nykyisellä kannattavuudella ole mahdollista tehdä mittavia investointeja tekniikkaan ilman päämiehen tai yhteiskunnan merkittävää osallistumista. Tutkimuksessa halutaan selvittää, miten sähkötekniikka nähdään kuorma-autojen käyttövoimana tulevaisuudessa, varsinkin Pk-yrityksen näkökulmasta. Ja mitä infrastruktuurissa on tapahduttava, jotta päästövähennystavoitteet ovat mahdollista saavuttaa?

Tämän tutkimuksen rajauksessa on päädytty sähkökuorma-autotekniikan ratkaisujen yleistymiseen. Kohdeyrityksessä valtaosa kalustosta on pienellä kilometrisuoritteella toimivia jakelukuorma-autoja. Kalenojan (2019) mukaan vuoden 2030 jälkeen jakelukuorma-autoissa tullaan hyödyntämään kiihtyvällä tahdilla sähköä käyttövoimana. Kohdeyritys tuottaa kahdelle kuljetusjärjestelmälle paikallisjakelua tai ns. lähijakelua noin 70 kuorma-auton kalustolla, joista valtaosa on kaksi akselisia kokonaispainoltaan 16–18 tonnisia jakelukuorma-autoja.

2.1 Tavoite ja tutkimuskysymykset

Siirtymisessä hiilineutraaliin tai fossiilivapaaseen kuljetustuotantoon, on kyseessä ympäristönäkökulma ja erityisesti ilmastonmuutoksen torjunta, mistä on muodostunut merkittävä megatrendi tulevaisuuden elinolojen varmistamiseksi. Tutkimuksen aihetta on lähestytty aluksi selvittämällä ilmastonmuutosta ilmiönä yleisesti sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Tämän jälkeen tietoperustassa on syvennyt liikenteen rooliin ilmaston muutoksessa ja sen päästöihin sekä tavoitteisiin. Millaiset tavoitteet ovat erityisesti maantieliikenteelle ilmastonmuutoksen torjunnassa? Tavoiteohjelmat voidaan katsoa olevan vahvasti teknisen kehityksen muutosajureina. Lisäksi teoriaosuudessa selvitetään sähkön mahdollisuuksia kuorma-autojen käyttövoimana nyt ja tulevaisuudessa.

Muuttuvan ilmaston vaikutukset koko maapallon tasapainoon ovat moninaiset. Tutkimuksessa ei kuitenkaan syvennytä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin vaan miten kansainväliset, kansalliset ja asiakkaiden ilmastotavoitteet ohjaavat liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimaratkaisujen käyttöönottoa, ja erityisesti sähkön hyödyntämistä jakelukuorma-auton energiana osana ilmastotavoitteita.

Tutkimuksen kehittämisen päämääränä on tunnistaa vaihtoehdot ja parhaat edellytykset liiketoiminnan näkökulmasta sähköisen jakelukuljetuksen tarjoamiseksi päämiehille heidän tavoiteohjelmien mukaisesti. Keskeisimmät tutkimuskysymykset määritellään seuraavasti:

1. Miten valitut kuljetusjärjestelmät toteuttavat hiilineutraalia jakelupalvelua käytännössä?
2. Miten sähkö soveltuu jakelukuorma-auton käyttövoimaksi ja miten edistetään sen yleistymistä?
3. Miten yrityksen on mahdollista päästä osaksi kuljetusjärjestelmän sähköistä verkostoa?

2.2 Lähestymistapa ja menetelmät kehittämistyölle

Tutkimuksen lähestymistavan valintaan leimaa vahvasti aihepiiriä ohjaavana tekijän erilaiset tavoitteet sekä ohjelmat. Tavoitteet nivoutuvat hiilidioksidipäästöjen nollaamiseen eli fossiilivapaaseen kuljetuspalveluun. Tutkimuksen kohteeksi on valittu sähkökuorma-autot ratkaisuna, perustuen yrityksen ydinliiketoimintaan jakelupalveluiden tuottajana. Sähkön hyödyntämiseksi käyttövoimana liittyy toistaiseksi merkittäviä rajoitteita isossa mittakaavassa. Jotta yrityksessä osataan tulevaisuudessa tehdä oikeita strategisia päätöksiä kalustohankinnoissa, on tärkeä kyetä tunnistamaan signaaleja sekä olemaan valmiina täyttämään asiakkaiden, tässä tapauksessa kuljetusjärjestelmien, tarpeet.

Ojasalo ym. (2015, 51) mukaan kehittämiseen tähtäävät opinnäytetyöt ovat yleisesti tapaustutkimuksia tai toimintatutkimuksia. Muita lähestymistapoja tutkimukselle voivat olla mm. konstruktii-
vinen tutkimus, joka tähtää konkreettisen ongelman ratkaisuun. Palvelumuotoilussa tavoitteena on uuden tyyppisen palvelun tai palvelukonseptin luominen. Muita lähestymistapoja ovat innovaatioiden tuottaminen, ennakointi ja verkostotutkimus. (Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritalahti, J. 2015, 51.)

Usein tutkimuksellisessa kehittämistyössä voi olla ominaisuuksia useammasta kuin yhdestä lähestymistavasta. Ojasalo ym. (2015, 51) kehottavat tutkijaa valitsemaan tutkimustavoista juuri kyseiseen työhön soveltuvat. Tämän opinnäytetyön lähestymistavaksi on valittu laadullinen tapaustutkimus, mutta työstä on tunnistettavissa piirteitä myös toimintatutkimuksellisesta kehittämistyöstä. Kanasen (2012,15) mukaan tutkimuksellisen kehittämistyön lähestymistavoista

toimintatutkimus soveltuu parhaiten käytänteiden sekä toimintatapojen muuttamiseen. Opinnäytetyössä ei lähtökohtaisesti olla muuttamassa totuttuja toimintatapoja, joten siinä mielessä työhön ei toimintatutkimus ole paras lähestymistapa vaan edellä mainittu tapaustutkimus. Kanasen (2013, 15) mukaan tapaustutkimuksessa haetaan vastauksia itse ongelmaan ja esitetään perustellut ratkaisut. Tässä tutkimuksessa halutaan selvittää kuinka kohdeyritys voi olla tarjoamassa ratkaisua asiakkaan tavoitteisiin.

Tutkimuksen toteutuksessa halutaan hyödyntää jossain määrin myös ennakointia, joka on yksi tutkimuksellisen kehittämistyön lähestymistavoista. Ennakoinnin avulla on mahdollista tuottaa tietoa tulevaisuuden päätöksenteon tueksi (Ojasalo ym. 2015, 39). Yritysten välinen kilpailu pakottaa strategisesti oikeisiin valintoihin sekä päätöksiin, jotta voidaan varmistaa menestyminen myös jatkossa. Tulevaisuuden ennakointi on yksi lähestymistapa, kun halutaan tunnistaa oikeita valintoja muutoksessa sekä mm. markkina-aseman säilyttämisessä. (Ojasalo ym. 2015, 91.)

Menetelmät

Kehittämistyön lähestymistavan valinnan jälkeen on prosessin kannalta tärkeää suunnitella, mitkä ovat tarkoituksen mukaiset keinot aihepiirin selvittämiseksi. Tutkimuksen menetelmät voidaan lähtökohtaisesti luokitella määrällisiin tai laadullisiin (Ojasalo ym. 2015, 104). Kuten lähestymistapojen monipuolisessa valinnassa, on menetelmien monipuolisuudella mahdollisuus saada tutkittavaan aihepiiriin erilaista tietoa sekä useita näkökulmia. Opinnäytetyön tekijä on itse vahvasti mukana organisaatiossa tarjoamassa ratkaisuja asiakkaille. Ojasalo ym. (2015, 105) mukaan tutkijan osallistuminen toimintaan voi lisätä johtopäätösten luotettavuutta. Oleellista on, että tutkimuksen tulokset ovat hyvin perusteltuja.

Käytännön toteutuksena opinnäytetyön tutkimusta on tarkoitus tehdä pääosin haastattelujen kautta ja löytää sitä kautta vastauksia tutkimuskysymyksiin. Teemahaastattelut kuljetusjärjestelmien edustajille sekä tarvittavat asiantuntijahaastattelut ovat tärkein tutkimustiedon hankinnan lähde. Haastattelujen tavoitteena on koota useamman henkilön ryhmä ko. yrityksestä, jossa pyritään saamaan tietoa organisaation konkreettisista toimenpiteistä ja keinoista hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Painopiste tutkimuksessa on liikennöitsijän tulevan roolin tunnistamisessa osana

ratkaisua. Kaikki haastattelut pyritään lähtökohtaisesti toteuttamaan Teams-haastattelujen muodossa. Haastattelujen materiaali analysoidaan havaintojen osalta kuten myös käytössä olevat dokumentit.

Tulevaisuuden ennakkointiin käytetään hyödyksi haastattelujen sekä dokumenttianalyysin tietoja. Ojasalo ym. (2015, 146) mukaan ennakkoinnissa on mahdollista käyttää erilaisia menetelmiä aineiston hankkimiseksi. Skenaariotyöskentely sopii menetelmänä, kun yritetään hankitun tiedon perusteella ennakoida oikeita valintoja. Tulevaisuuden kartoittamiseksi kohdeyrityksessä on tarkoitus valita tutkitun tiedon pohjalta tulevaisuuden strategiset askelmerkit käyttövoimavalintojen osalta.

Etiikka

Tutkimuksessa siihen osallistuvan henkilön tulee pystyä luottamaan tutkijaan, luottamuksen taustana tulee olla osallisten henkilöiden ihmisarvon ja oikeuksien kunnioittaminen. Yhteneväiset tutkimusaiheet saattavat vaikuttaa eri henkilöihin erityyppisesti ja suhtautuminen asiayhteyteen voi poiketa huomattavasti. Tämän ennakoimiseksi ja välttämiseksi on tutkijan syytä perehtyä ennakkoivasti tutkimuksen taustatietoihin. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019.)

Haasteluissa eettiset arvot huomioidaan ja tullaan esittämään tilaisuuden alussa: haastateltavalle taustoitetaan tutkimuksen tarkoitus, haastateltavan osallistuminen tutkimukseen kerrotaan olevan vapaaehtoista, haastateltava voi halutessaan kieltäytyä haastattelusta, haastateltava voi halutessaan keskeyttää haastattelun, haastateltava esiintyy tutkimuksessa anonymisti, haastattelut tullaan tallentamaan tutkijan toimesta, haastatteluiden tallenteet ovat vain tutkijan omaan käyttöön ja vain tutkimusta varten, tallenteet tullaan hävittämään tutkimuksen päätyttyä.

3 Ilmastonmuutos ja sen aiheuttajat

Historian saatossa maapallolla on ollut lukuisia erilaisia ilmastokausia. Tutkitun tiedon mukaan Euroopassa on ollut lämpimän sään kausi 400 vuoden ajan ennen 1300-lukua. (Solway 2009, 6.) Historiasta löytyy esimerkkejä myös kylmistä ajanjaksoista. 1400-luvulla tiedetään Thames-joen jäätyneen monta vuotta peräkkäin. Toinen esimerkki voisi olla seurauksineen myös 1690-luvulla

toteutuneet suuret nälkävuodet Suomessa, mitkä johtuivat kylmästä kaudesta. Tuona aikana kesäkauden sato tuhoutui kolmena vuotena peräkkäin aiheuttaen omat seurauksensa. (Vuorinen 2020, 11.) Ilmaston lämpenemiseen ei vielä 1900-luvun alkupuolella osattu kiinnittää riittävästi huomiota, vaikka merkkejä muutoksesta on tutkijoilla ollut jo suhteellisen kauan. On ajateltu, että lämpötilan vaihtelut eri ajanjaksoina ovat olleet maapallolla normaali ilmiö, ja vähiten ilmiöiden on uskottu olleen seurausta ihmisten toiminnasta. (Solway 2009, 5.)

Ilmaston lämpötilan muutoksesta löytyy tarkempaa mittaustietoa useammasta lähteestä 1800-luvun loppupuolelta alkaen. Yksi näistä lämpötilan muutosta seuranneista toimijoista on ollut National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Mittaushistorian perusteella ilmasto on lämmennyt noin 1,2 astetta vuoteen 2010 mennessä. Tuosta noususta noin puolet toteutui viimeisen 30 vuoden aikana, mitä voidaan pitää nopeana kehityksenä. Vastaavasti jääkauden jälkeen tapahtunut lämpötilan nousu oli huomattavasti hitaampaa. 1,5 asteen lämpötilan nousuun kului tuolloin aikaa yli tuhat vuotta. (Vuorinen 2020, 12–13.)

Isomäen (2008) mukaan ilmaston lämpenemiseen on kuusi keskeistä tekijää. Ensimmäisenä Isomäki (2008) listaa ihmisten toiminnan vaikutuksesta ilmakehässä lisääntyneet erilaiset **kaasumolekyylit**. Metaanin sekä hiilidioksidin määrät ilmakehässä ovat merkittävimmät tekijät ilmaston muutoksessa. Lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna isoksi tekijäksi ilmaston lämpenemisessä Isomäki (2008) nostaa metaanin päästöt ilmakehään. Toisaalta pitkällä aikavälillä hiilidioksidin määrän kertyminen ilmakehään on kuitenkin kokonaisuudessa suurin ilmaston lämpenemisen aiheuttaja. Metaania ilmakehään vapautuu mm. karjankasvatuksen ja jätevesien käsittelyn seurauksena. Lisääntynyt ilmaston lämpeneminen on saanut aikaan samalla kuitenkin jäätiköiden sulamista ja uudeksi metaanin lähteeksi on muodostunut Siperian ikiroudan sulaminen. (Isomäki 2008.)

Isomäen (2008) mukaan hiilidioksidin kertyminen ilmakehään on pitkän aikavälin tulosta, ja siinäkin ihmisen rooli on ollut suuri. Noin puolet päästöistä aiheutuu erilaisista maankäytön muutoksista kuten esim. hakkuut tai maastopalot. Toinen puoli hiilidioksidin määrän kasvulle johtuu fossiilisten polttoaineiden (maakaasun, öljyn ja kivihillen) poltosta sekä teollisuuden prosessien energian käytön seurauksena. Teollisuuden prosesseista esim. sementin valmistus tuottaa liki 10 prosenttia kaikesta ilmakehään vapautuvasta hiilidioksidista. Metaanin ja hiilidioksidin lisäksi esim.

lannoitteiden käytöstä aiheutuva **typpioksiduulien määrä** ilmakehässä on yksi ihmisten aiheuttamista kasvihuoneilmiön edistäjistä. Typpioksiduulien merkityksestä ei ole tällä hetkellä niin pitkälle vietyä tutkimustulosta kuin metaanista ja hiilidioksidista. **Mustat aerosolit** kuten nokihiukkaset ja tervapallot, mitkä lämmittävät maapalloa sitomalla auringon valoa hiukkasiin, on ilmastoa lämmittävä tekijä kasvaneiden kaasumolekyylien lisäksi. Mustat aerosolit ovat merkittävästi vaikuttamassa jäätiköiden sulamiseen sataessaan valkealle lumelle tai jäälle. Isomäki (2008) listaa lisäksi ilmaston lämpenemisen aiheuttajaksi mm. **lentokoneiden aiheuttamat suihkuvirtaukset**, jotka tehokkaasti pilvien lailla heijastelevat maan lämpösäteilyä takaisin maahan, kuten myös kasvihuonekaasut. Auringolla on aktiivisempia ja passiivisempia kausia, mikä omalta osaltaan vaikuttaa ilmastoon. Napa-alueiden jäätiköt heijastavat auringon tuottamaa lämpöenergiaa takaisin ilmakehään, mutta **jäätiköiden pienentyessään** niiden kyky heijastella heikkenee, mikä osaltaan lisää ilmaston lämpenemistä esimerkiksi lämmittämällä valtameriä. Kuudes ilmastoa lämmittävä elementti Isomäen (2008) mukaan ovat **valtameret** kokonaisuudessaan. Niin kauan kuin valtameret eivät lämpene pohjia myöten, ne toimivat ilmastoa jäähdyttävänä tekijänä. Samalla kuitenkin meret sitovat itseensä koko ajan lisää lämpöä, mikä aiheuttaa mannerjäiden sulamista ja lisääntyvässä määrin myös erilaisia ilmaston vaihteluita kuten esim. myrskyjä. (Isomäki 2008, 19–24.)

Aaltosen (2019) mukaan ilmastomuutoksen seurauksena on yhtenä näkyvänä ilmiönä jäätiköiden sulaminen ja sen myötä meren pinnan nousu. Jäätiköihin on sitoutunut merkittävästi enemmän hiilidioksidia kuin ilmakehään. Sulaminen vahvistaa kasvihuoneilmiötä entisestään. Vajaan 20 vuoden aikana ilmastomuutokseen, ja sen vaikutuksiin sekä ilmiöihin on alettu toden teolla herätä, vaikka ihmisten toiminnan seurauksena kehitys on ollut todettavissa kymmenien vuosien ajan. Ilmaston lämpeneminen on ihmiskunnan ja maapallon suurin uhka tulevaisuudessa. Mikäli globaali lämpötilan nousu saavuttaa neljän celsiusasteen tason, voi merenpinnan nousu maapallolla olla jopa 70 metriä. Maapallon väkiluku on tällä hetkellä noin 7 miljardia, ja jatkaa kasvuaan. Aaltosen (2019) kuvaaman +4 celsiusasteen maailmassa ollaan tilanteessa, jossa planeetta pystyy tarjoamaan olosuhteet vain yhdelle miljardille ihmiselle. (Aaltosen 2019.)

Aaltosen (2019) mukaan ihminen käyttää luonnon resursseja 1,5-kertaisesti sen mitä luonto kykenee uudistamalla tuottamaan. Bruttokansantuote on yleinen taloudellisen menestymisen mittari, mikä ei ota huomioon taloudellisen menestymisen negatiivisia vaikutuksia. Global Footprint Network arvioi vuosittain maapallon resurssien käyttöä sekä uusiutumista. 1970-luvun alkupuolella

kulutus oli samalla tai pienemmällä tasolla, kuin mitä planeetan kyky oli uudistaa luonnonvaroja. Energian kulutus ja maailman talouden riippuvuus mm. fossiilisista raaka-aineista on ennen pitkää johtamassa kuvion 1. näkemykseen ihmiskunnan kohtalosta. (Aaltonen 2019.)



Kuvio 1. Ilmastonmuutoksen nykyinen trendi (Aaltonen 2019, mukailtu).

3.1 Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry, otsoni, metaani, dityppioksidi ja hiilidioksidi. Niiden suhteellinen osuus ilmakehän kaasuista on vain noin 0,07 %. Vaikka kasvihuonekaasujen osuus on pieni, niin niiden avulla maapallon lämpötila säilyy elinkelpoisena. Ilman kasvihuonekaasuja keskilämpötila olisi noin -18 celsiusta. (Koskinen 2021.)

Ilmastonmuutos on viimeisten vuosien aikana noussut yhdeksi tämän päivän suurimmista puheenaiheista. Ihmisten oma toiminta on mitä suuremmissa määrin ilmastonmuutoksen taustalla. Ilmaston lämpenemisen saa aikaa kasvihuoneilmiö, mikä sinällään on täysin luonnollinen ilmiö. Ihmisten toiminnan seurauksena kuitenkin tämä ilmiö on merkittävästi vahvistunut. Lisääntyvä ja ilmakehään vapautuva hiilidioksidi sekä muut kasvihuonekaasut vahvistavat kasvihuoneilmiötä, jossa maan sekä merien lämpösäteily ei vapaudu ilmakehän läpi samassa määrin avaruuteen kuten ennen. Seurauksena tästä on ilmaston lämpeneminen maapallolla. (Ilmasto-opas 2022.)

Koskinen (2021) havainnollistaa kasvihuoneilmiötä vertaamalla sitä puutarhoissa käytettyihin muovisiin tai lasisiin kasvihuoneisiin. Auringon lämpösäteily pääsee huoneeseen sisälle, mutta lasikatto ja seinät eivät päästä lämpöä huoneesta ulos. Kasvihuoneen lämpötilaa on kuitenkin säädeltävä esim. verhoilla tai tuuletusaukoilla, koska liiallinen lämpö taas voi kuivattaa kasvit. Kasvihuoneeseen jäänyt lämpö, valo ja myös hiilidioksidi oikeassa suhteessa mahdollistavat kasveille hyvät

elinolosuhteet edistään niiden kasvua. Kasvihuonekaasujen tehtävänä on toimia maapallon lasikattona varmistaen, että kaikki auringon lämpöenergia ei heijastuisi takaisin avaruuteen. (Koskinen 2021.)

Tämän päivän yhteiskunta on merkittävässä määrin teollistumisen seurauksena rakentunut pitkälti fossiilisten polttoaineiden tehokkaaseen hyväksikäyttöön. Vuonna 1968 Stanfordin tutkimusinstituutin tiedemiehet Elmer Robinson ja R.C. Robbins julkaisivat raportin, jossa he ottivat kantaa fossiilisten energianlähteiden käytöstä aiheutuvaan hiilidioksidin lisääntymiseen. Samalla he ennustivat, että maapallon lämpötilassa tullaan havaitsemaan merkittäviä muutoksia vuoteen 2000 mennessä. Vahva riippuvuus fossiilisista polttoaineista ei antanut tuolloin sijaa raportin tulkinnoille ja huolenaiheille. Kuten Koskinen (2021) toteaa, niin fossiilisten polttoaineiden (esim. öljy ja kaasu) käyttö on kasvanut teollistumisen myötä merkittävästi lisäten näin hiilidioksidin määrää ilmakehässä. Hiilidioksidi säilyy ilmakehässä satoja, ellei tuhansia, vuosia toisin kuin monin kerroin vaarallisempi kaasu metaani, joka häviää muutamassa kymmenessä vuodessa. Lisääntynyt hiilidioksidi on suurin lämpötilan nousuun vaikuttava tekijä. Hiilidioksidi vahvistaa kasvihuoneen ”lasikattoa” muuttamalla luonnollista lämmönsäätelyn mekanismia. (Koskinen 2021, 9–10.)

Hiilidioksidia poistuu ilmakehästä eniten sitoutumalla meriin, sekä kasvien yhteyttämisen seurauksena. Fossiilisten polttoaineiden käyttäminen kasvattaa eniten hiilidioksidin määrää, eikä sitä kaikkea luonto enää kykene sitomaan. Samaan aikaan metsien määrä on vähentynyt, mikä osaltaan heikentää kykyä sitoa ilmakehän hiilidioksidia (Koskinen 2021, 21).

3.2 Hiilineutraalius ja kestävä kehitys

Euroopan parlamentin tiedotteen (2022) mukaan luonto kykenee sitomaan maaperään, metsiin ja valtameriin tällä hetkellä noin 9,5–11 gigatonnia hiilidioksidia. Arvion mukaan koko maapallon yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt olisivat olleet vuonna 2020 jo 36 gigatonnia. Tavoiteltaessa hiilineutraaliutta tulisi päästöjä saada vähennettyä tilanteeseen, missä ne eivät enää ylitä sitomiskykyä. Toinen vaihtoehto on kehittää menetelmiä, joilla saadaan merkittävästi kasvatettua hiilen sidontaa. (EU 2022.)

Suomen ilmastopaneelin (2019) mukaan hiilineutraaliuden määritelmässä puhutaan päästöistä sekä nieluista. Nielujen tehtävänä on sitoa ilmakehään vapautuvaa hiilidioksidia. EU:n komission

määritelmän mukaan hiilineutraalius on tila, jossa ihmisten toiminnasta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt ovat samansuuruiset kuin ihmisten toiminnalla aikaan saadut nielut. Hiilineutraaliuden tavoittelussa tunnustetaan yleisesti kolme vaihetta:

1. Nykyisten kasvihuonepäästöjen määrän arviointi.
2. Kasvihuonepäästöjen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet.
3. Hyvitetään jäljelle jääneet päästöt hiilineutraaliuden saavuttamiseksi.

Hiilineutraaliuden tavoittelussa ei katsota saavutettavan nollapäästöjä, mutta vähennystoimenpiteiden jälkeen jäljelle jäävät päästöt sitoudutaan tasaamaan nolnaan kompensoinnilla. (Suomen ilmastopaneeli 2019).

Kestävän kehityksen määritelmässä on tavoitteena varmistaa ihmiskunnalle elämisen edellytykset myös tulevaisuudessa. Kestävän kehityksen käsitteessä pyritään jättämään tuleville sukupolville vähintään samat mahdollisuudet kuin aiemmilla sukupolvilla on ollut. (Mitä on kestävä kehitys? 2022.)

Aaltosen (2019) mukaan kestävä kehityksen tärkein periaate on varmistaa elämisen mahdollisuudet tuleville sukupolville. Tämä edellyttää, että talouden lisäksi ympäristö sekä sosiaaliset ulottuvuudet otetaan huomioon yhtä merkittävästi tulevaisuuden päätöksenteossa. (Aaltonen 2019.)

Asiantuntijalausuntojen sekä tutkimukseen perustuvien laskelmien perusteella ilmakehään vapautuvan hiilidioksidin määrä on vuosien ajan ylittänyt ilmakehän tasapainotilanteen. Ihmisten toiminnan seurauksena tulevaisuuden elinolosuhteiden voidaan siis todeta tutkimusten valossa heikentyneen, ja ilmaston lämpenemisen vaikutuksista on olemassa jo selviä merkkejä. Nykyinen kuormitus ilmastolle ei ole enää kestävällä pohjalla. Ilmastonmuutoksen torjumiseksi sekä elinolojen mahdollistamiseksi irtaantuminen fossiilisista raaka-aineista on tieteellisen näytön perusteella yksi ihmiskunnan suurimmista haasteista tällä hetkellä.

4 Ilmastotavoitteet ja liikenne

Vuonna 2010 globaalien hiilidioksidipäästöjen suurimmat päästöjen aiheuttajat olivat energian tuotanto sekä liikenne, yhteensä noin 70 % kokonaispäästöistä. Liikenteen osuus oli noin 5,53 miljoonaa gigagrammaa, kokonaisuuden ollessa yli 34,4 miljoonaa gigagrammaa. (Koskinen 2021, 26.)

Kuorma-autojen ja rekkujen osuus Euroopan Unionin tieliikenteen päästöistä on noin 25 prosenttia. Vuonna 2019 EU:ssa tehdyllä päätöksellä uusien ajoneuvojen valmistajat veloitetaan 15 prosentin hiilidioksidipäästöjen vähennykseen vuodesta 2025 ja 30 prosentin vähennykseen vuodesta 2030. Lisäksi valmistajan uusien autojen markkinaosuudesta tulee olla vähintään 2 % nolla- tai vähäpäästöisiä. Asetuksen toteutuksen edistämiseksi kuorma-autojen valmistajille on määritelty liikapäästömaksut, mikäli tavoite ei valmistajalla toteudu. (EU 2019.)

4.1 Ilmastopimukset ja tavoitteet

Ilmastonmuutoksen torjumiseksi on vuonna 2016 voimaan tullut Pariisin ilmastokokouksessa 2015 määritelty sopimus, jossa ilmaston lämpeneminen pyritään rajoittamaan alle kahteen asteeseen, tavoitteena on enimmillään 1,5 asteen muutos. Sopimuksessa on lukuisia toimenpiteitä kaikille valtioille, kuten mm. omat maakohtaiset strategiat päästöjen vähentämiseksi. Pariisin sopimusta pidetään yleisesti ottaen merkittävänä, koska siinä päästöjen rajoittaminen koskee kaikkia maita. (Tynkkynen & Moisio 2020,8.)

Pariisin ilmastopimusta on edeltänyt jo vuosia lukuisat toimenpiteet ilmaston muutoksen ehkäisemiseksi. Ilmastotutkimuksen edistämiseksi vuonna 1988 perustettiin Hallitustenvälinen ilmasto-paneeli (International Panel on Climate Change, IPCC), joka kokoontuu vuosittain arvioimaan miten vuonna 1992 YK:n ilmastopimukseen mukaiset toimenpiteet ovat kansallisilla tasoilla edistyneet. Vuosikokouksista käytetään lyhennettä COP (Conference of Parties). (Tynkkynen & Moisio 2020, 5.)

Lukuisten vuosittaisten kokousten sarjasta ennen Pariisin ilmastopimusta on Kioton vuoden 1997 kokous ollut yksi merkittävämmistä. Kyseisessä kokouksessa solmittiin ensimmäiset konkreettiset sitoumukset, jotka velvoittivat valtioita myös sanktioiden uhalla. Vuosien saatossa ilmastokokoukset ovat epäonnistuneet, ja tulokset jääneet laihoiksi sitoumuksien sekä tavoitteiden

osalta. Balin 2007 kokouksessa saatiin sovittua prosessi ilmastopimuksen neuvotteluista. Kööpenhaminan kokouksen tavoitteena 2009 oli saada kaikkia, ei pelkästään teollisuusmaita, sitova ilmastopimus valmiiksi. Sopimus jäi tuolloin tekemättä. Kansainväliselle ilmasto-rahitoitukselle saatiin luotua kuitenkin tavoitteeksi järjestää 100 miljardin rahoitus vuoteen 2020 mennessä.

Vuoden 2010 Meksikon kokouksessa ilmastopimuksen neuvottelut edistyivät tavoitteiden osalta. Tuo tavoite määritteli tavoitteeksi rajoittaa ilmaston lämpeneminen kahteen asteeseen. Etelä-Afrikan vuoden 2011 ja Qatarin 2012 kokouksissa saatiin aikaan neuvottelut soveltuvista työkaluista, sekä päämääräksi jälkimmäisessä kokouksessa kaikkia sitova valtioiden välinen sopimus. Ennen Pariisin kokousta Kiina ja Yhdysvallat ilmoittivat tavoitteestaan vähentää päästöjä vajaa 30 prosenttia vuoteen 2025 mennessä. EU ilmoitti ennen kokousta vähentävänsä minimissään 40 prosenttia päästöjä vuoteen 2030 mennessä. Näiden päästötavoitteiden julkaisun, sekä ennen Pariisin kokousta yhteensä 181 valtion ilmoittamien tavoitteiden katsotaan olleen merkittävä vaikutin Pariisin kokouksen lopputulokselle. (Tynkkynen & Moisio 2020, 5–6.)

Edellä mainitun Pariisin ilmastopimuksen mukaiset artikkelit on hyväksytty myös Suomen valtioneuvoston toimesta. Kokonaisuuden näkökulmasta Suomen tavoitteena on olla täysin hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. (Valtioneuvoston julkaisu 2019:31, 36.)

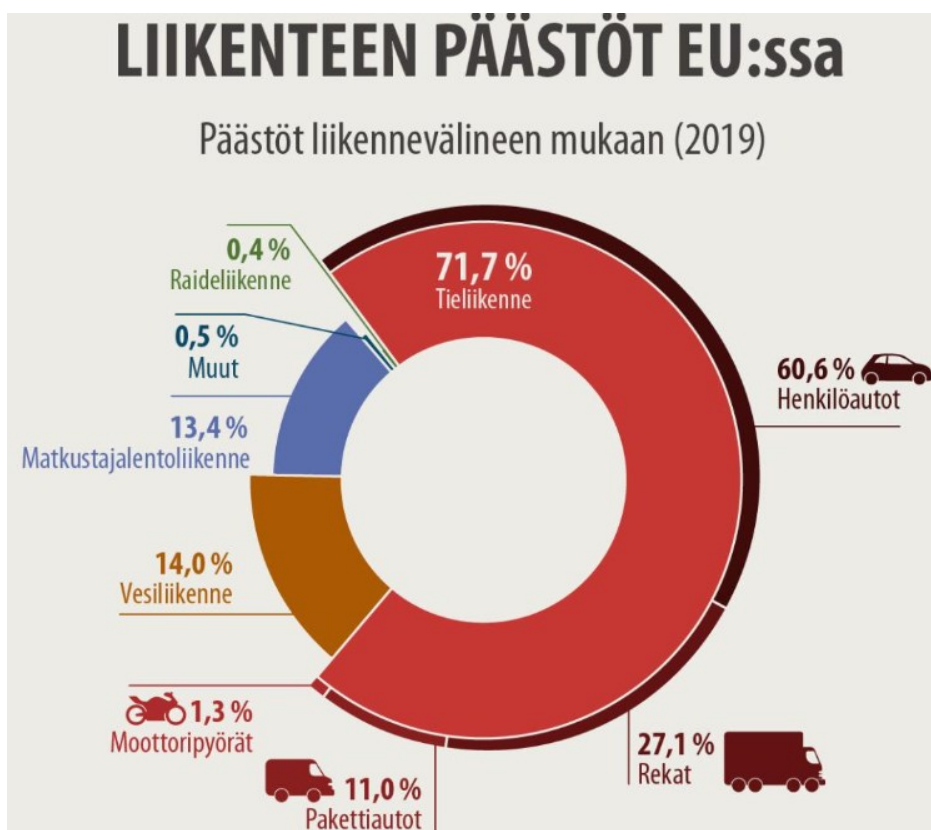
Ilmastopimusten ja tavoitteiden taival on ollut pitkä polku Pariisin sopimukseen. Kuten Koskinen (2021, 9–10) kirjassaan totesi, on tiedemiehillä jo 1960-luvulla ollut tietoa fossiilisten polttoaineiden käytön vaikutuksista ilmakehään. Aiheen tunnistamiseen ja rajoittavien päätösten tekoon on mennyt kymmeniä vuosia aikaa. Nyt kun aiheeseen on herätty, saa vaikutelman, että kyseessä toimenpiteiden osalta on eräänlainen kilpailu. Esimerkkinä tästä Tynkkynen ja Moisio (2020, 5–6) kertoma ensin Kiinan ja Yhdysvaltojen tavoitteet -30 % vs. Euroopan ilmoittama tavoite -40 %.

4.2 Kansalliset tavoitteet hiilineutraalille liikenteelle

Osana Valtioneuvoston hiilineutraaliustavoitetta on liikenneministeriö luonut em. tavoitteen onnistumiseksi fossiilittoman liikenteen tiekartan. Tarkoituksena on löytää toimenpiteet, joilla liikenteen kasvihuonepäästöt saadaan puolitettua vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä, ja nolattua kokonaan vuoteen 2045 mennessä. Tosin näihin tavoitteisiin voi EU:n linjausten takia tulla vielä tiukennuksia. (Jääskeläinen 2021, 7.)

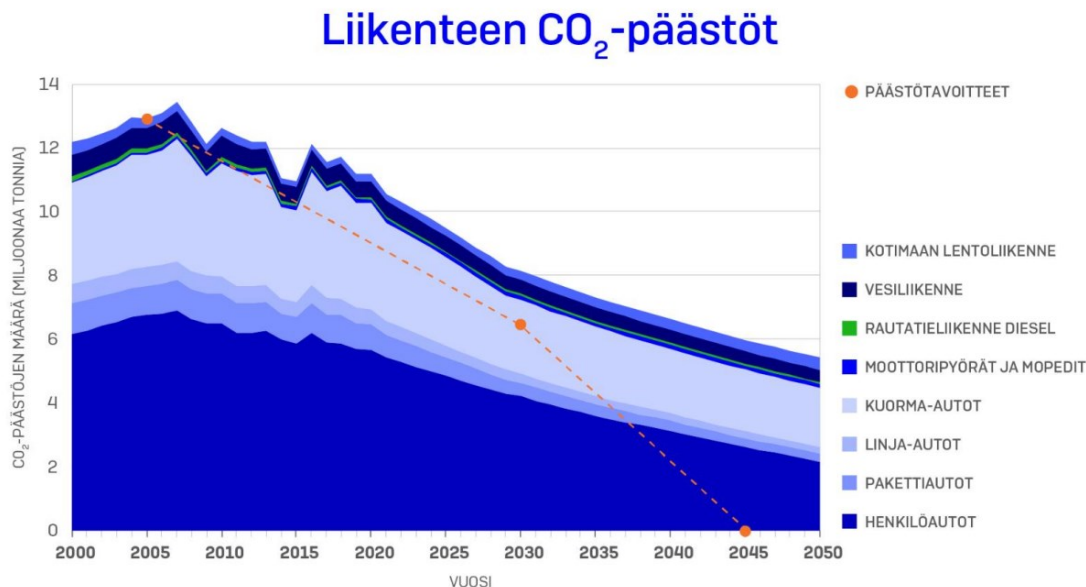
Fossiilittoman liikenteen tiekartan toimeksiannossa hallitus on halunnut, että suunnitelmassa otetaan huomioon toimenpiteitä, joita voidaan toteuttaa jo tämän (Marinin) hallituskauden aikana. Esimerkkinä kaluston käyttövoimien sekä ajoneuvokannan muuttamista kohti nollapäästöisyyttä, tai biopolttoaineiden osuuden sekä käytön lisäämistä. Valittujen toimenpiteiden halutaan olevan toteuttamiskelpoisia sekä tietoon ja tutkimukseen perustuvia niin, että niillä voidaan aikaansaada konkreettista muutosta. (Jääskeläinen 2021, 8.)

Päästöjen osalta liikenteen osuus kaikista Suomen kasvihuonepäästöistä on noin 20 %. Lisäksi on olemassa erillinen taakanjakosektori, jonka mukaan kotimaan liikenteen osuus määritellään noin 40 prosenttiin. Kotimaan liikenne on Euroopan unionissa määritelty kaikissa maissa suhteelliseen taakanjakovelvoitteeseen, joka on johdettu bruttokansantuotteesta. Tulevaisuudessa osana EU:n 55-ilmastopakettia em. velvoite kotimaan liikenteen päästöistä nostaa osuuden päästöistä jo 50 prosenttiin. Eri liikennemuodoista tieliikenteen osuus koko liikenteen kasvihuonepäästöistä on 94 %, ja tästä paketti- ja kuorma-autojen osuus noin 41 prosenttia. (Jääskeläinen 2021, 10.) Kuviossa 2. vuodelta 2019 EU:n tilastojen mukaan paketti- ja kuorma-autot olivat päästöosuudessa 38,1 % (Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja 2019.)



Kuvio 2. Liikenteen päästöt EU:ssa 2019. (Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja 2019.)

Kasvihuonepäästöjen ennakoitaan laskevan nykyisillä toimenpiteillä, tekniikan kehityksellä sekä erilaisten yhteiskunnallisten muutosten myötä 37 % vuoteen 2030 mennessä, ja 50 % vuoteen 2045 mennessä (kuvio 3.). Mittausten ja tavoitteiden lähtötasona pidetään vuoden 2005 kasvihuonepäästöjä. Vertailuvuotena päästöt olivat 12,5 miljoonaa tonnia. Ennen vuotta 2019 toteutetuilla ja perusennusteen mukaisilla toimenpiteillä tullaan saavuttamaan noin 4,6 miljoonan tonnin leikkaus. Tämän lisäksi Suomessa tulee löytää vielä 1,65 Mt Co₂ uusia keinoja, jotta vähennykset saadaan puolitettua vuoteen 2030 mennessä. (Jääskeläinen 2021, 12.)



Kuvio 3. Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen peruennuste 22.4.2020 (Andersson,A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari,J., Hokkanen, E. 2020).

4.2.1 Kansalliset toimenpiteet vuoden 2030 tavoitteisiin

Suomen hallituksen toimenpiteet on Fossiilittoman tiekartan osalta linjattu kolmeen vaiheeseen, jossa jokainen vaihe pitää sisällään erinäisen määrän yksityiskohtaisia keinoja. Ensimmäinen vaihe keskittyy ja kohdistuu **tukien sekä kannusteiden** järjestelmään, joita on erikseen listattu 20 kappaletta. Tämän vaiheen toimenpiteillä arvioidaan savutettavan noin 0,62 Mt vähennys päästöihin aiemmin mainitusta 1,65 Mt uusilla keinoilla tarvittavista toimista. Vuoden 2030 tavoitteisiin tähtäävässä ohjelman toisessa vaiheessa tullaan keskittymään tarkoituksenmukaisten **lisäkeinojen**

käyttöönottoon. Lisäkeinojen valikoimassa tulee olemaan mm. jakeluelvoitteen kasvattaminen sekä lisääminen nykyisestä suunnitellusta. Jakeluelvoitteen nosto tehdään lainsäädännön kautta, mikä tarkoittaa polttoainetoimittajan velvoitetta nostaa uusiutuvien polttoaineiden määrää koko toimitetusta määrästä. Jakeluelvoitteen nostolla arvioidaan saavutettavan noin 10 prosentin vähennys vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta. (Sipilä, Poikolainen, Lilja, Rautio & Nylund 2021, 72). Etätyön edistäminen on myös toimenpidelistalla tavoitteena saada vähennettyä työmatkaliikennettä. Lisäkeinoina tutkitaan myös, miten yhdistettyjä kuljetuksia hyödyntämällä ja lisäämällä voitaisiin edistää päästövähennyksiä. Tulevaisuuden digitaalisten teknologioiden sekä erilaisten liikenteen palveluiden menetelmien edistäminen ovat osa polkua tavoitteissa. Näiden lisäksi hallituksessa halutaan olla avoimena uusille tuleville mahdollisille soveltuville ratkaisuille. Kolmas vaihe on linjattu enemmänkin **EU:n mahdollisesti tulevaisuudessa edellyttämistä lisätoimista.** (Jääskeläinen 2021, 13.)

4.2.2 Kansalliset toimenpiteet vuoden 2045 tavoitteisiin

Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti tavoitteet vahvistuvat vuoteen 2045 mennessä laajoilla tavoitteilla. Fossiilisten polttoaineiden myynnin tulee loppua. Biopolttoaineiden määrä ei saa enää kasvaa vuoden 2030 jälkeen, koska näiden raaka-aineiden saatavuus on jatkossakin rajallista. Biopolttoaineet halutaan jättää raskaan kaluston energiantarpeisiin. Toimenpiteisiin on listattu sähkön käytön sekä biokaasun lisääminen, vedyn ja sähköpolttoaineiden hyödyntäminen, autokannan uudistaminen ja entistä tehokkaammat liikennejärjestelmät, missä pyritään mm. ajokilometrien vähentämiseen tai kasvun taittamiseen. (Jääskeläinen 2021, 47–50.)

4.3 Kuljetusjärjestelmien tavoitteet liikenteen osalta

4.3.1 Kuljetusjärjestelmä: Posti

Posti on yksi suurimmista kotimaisista logistiikkapalvelujen tuottajista sekä omalla verkostollaan myös suurin kuljetusjärjestelmä. Markkinaehtoisten rahti-, kuljetus ja logistiikkapalveluiden lisäksi Postilla on lakiin perustuva velvoite kansallisten perinteisten postipalveluiden tuottajana. Tämä kokonaisuus muodostaa Suomen suurimman kuljetus- ja logistiikkapalvelujen toimijan. Posti on vahvasti sitoutunut Pariisin ilmastotavoitteisiin. Oman toiminnan sekä kuljettamisen päästövaikutusten tavoite Postilla on nolla prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Postin omat päästöt koostuvat

suurimmilta osin Postin omasta kuljetustuotannosta ja käytössä olevista kiinteistöistä. Posti Groupin kokonaispäästöistä oman toiminnan päästöt ovat vain 20 %, eli arvoketjun muut päästöt edustavat merkittävää osuutta kokonaisuudesta. (Postin vastuullisuusraportti 2021.)

Kuljettamisen ja logistiikan kumppaneiden sekä alihankkijoiden osuus arvoketjun kokonaispäästöistä on noin 50 %. **Postin asettaman tavoitteen mukaisesti myös kumppaneiden tuottaman kuljetuspalvelun tulee olla fossiilivapaata vuonna 2030.** Postin strategian mukaisesti kompensatiot eivät ole jatkossa osana keinovalikoimaa, vaan toimenpiteiden päästöjen vähentämiseksi tulee olla konkreettisia ja suoria vaikutuksiltaan. Alihankittujen kuljetuspalveluiden osalta tavoitteena on yhteistyön kautta saada aikaan valintoja hiilineutraaliin liikenteeseen.

Osana Postin vastuullisuusohjelmaa se on saanut hyväksynnän tieteeseen perustuvaan ilmastotavoitteiden (Science Based Targets) laskentaan, millä varmistetaan yrityksen tavoitteiden olevan yhdenmukaiset Pariisin ilmastopimuksen kanssa. (Postin vastuullisuusraportti 2021.)

4.3.2 Kuljetusjärjestelmä: Schenker Oy

Schenkerin tavoitteet ilmastonmuutoksen torjuntaan on linjattu emoyhtiön DB (Deutsche Bahn) hiilineutraaliuden tavoitteeseen vuodelle 2040. Kansainvälisesti ja ympäristön näkökulmasta isossa roolissa ovat kumppanuushankkeet innovatiivisten teknologioiden kehittämisessä, kuten Volta Trucks täyssähköisten kaupunkijakeluun tarkoitettujen kuorma-autojen testaus ja hankintasuunnitelma. Volocopterin kanssa tehtävä tutkimus dronen hyödyntämisestä nähdään yhtenä tulevaisuuden keinona vähentää toimitusketjun Co2 päästöjä. (DB Schenker, 2020.)

Kaluston sekä kiinteistöjen investoinneissa Schenkerin tavoitteena on hyödyntää markkinoiden uusimpia teknologioita, kuten esim. energiatehokkaampia moottoreita tai kiinteistöjen energiaratkaisuja, sekä samalla hyödyntää kestävimpien polttoaineratkaisujen hyödyntämistä. Asiakkaille tarjotut hiilineutraalit Eco Solutions tuoteratkaisut tarjoavat kompensoinnin kautta mahdollisuuden pienentää oman hankintansa hiilijalanjälkeä. Kaluston resurssien tehokas ja optimoitu käyttöaste kuuluu vahvasti Schenkerin keinovalikoiman osana tavoitteen mukaisten päästövähennysten keinovalikoimaan. (DB Schenker, 2022.)

5 Kuorma-auton vaihtoehtoiset käyttövoimat

5.1 Biomassapohjaiset käyttövoimat öljyn korvaajana

Liikenteessä öljyn korvaaminen on tärkein toimenpide ilmastonmuutoksen torjunnassa tulevaisuudessa. Öljyä voidaan korvata useilla erilaisilla vaihtoehtoisilla polttoaineilla, riippuen korvataanko bensiiniä vai dieseliä. Tyypilliset raaka-aineet bensiinin korvaamiseksi ovat alkoholiksi luokiteltavat metanoli ja etanoli, sekä kaasuihin kuuluvat metaani ja nestekaasu. Dieselpolttoaineen tyypillisiä korvaajia ovat kasviöljyt sekä niiden johdannaiset. Lisäksi jätteestä ja erilaisista tähteistä on mahdollista jalostaa biopolttoaineita, joita voidaan käyttää niin dieselin kuin bensiinin korvaajina. Vaihtoehtoisten polttoaineiden saatavuus, valmistus- ja jakelukustannukset sekä tekniset ominaisuudet rajoittavat kuitenkin niiden nopeaa hyödyntämistä täydellisesti öljyn korvaajana. (Tapaninen 2018, 124.)

Käsitteenä uusiutuvat polttoaineet ja biopolttoaineet usein sekoittuvat. Koskisen (2021) mukaan molempien yhteinen nimittäjä voi olla biomassapohjaiset polttoaineet. Pro gradu -tutkielmassaan Koskinen (2021) määrittelee **uusiutuviksi polttoaineet**, joiden raaka-aineena on käytetty EI syötäväksi kelpaavaa biomassaa. Vastaavasti **biopolttoaineeksi** luokitellaan aineet, jotka ovat lähtökohteisesti, joko kokonaan tai osittain, valmistettu syötäväksi kelpaavista raaka-aineista. (Koskinen, 2021, 4.)

Biomassapohjaisten polttoaineiden osalta tutkimus- ja tuotekehittelyä tehdään maailmalla paljon. Hyödyntämiseen liittyy kuitenkin paljon investointikustannuksia mm. laitosten sekä infran rakentamiseksi. Toisaalta siirtyminen biopohjaisiin polttoaineisiin ei suoraan pienennä 100 prosenttisesti ilmastonvaikutusta. Biomassaisen polttoaineen valmistus sitoo energiaa, vaikuttaa maankäyttöön ja sen hiilensidontakykyyn. Maankäytön muutokset ja siitä aiheutuneet ympäristövaikutukset arvioidaan lisänneen ilmakehän hiilidioksidimäärää noin 23 prosenttia vuosina 2007–2013. (Koskinen 2021, 5–6.)

Tapanisen mukaan (2018) siirtyminen pois fossiilisista polttoaineista liikenteessä on tulevaisuuden pitkän aikavälin tavoite. Ratkaisu varsinkin tieliikenteessä tulee olemaan öljyä korvaavat nestemäiset ja kaasumaiset biopolttoaineet, sekä tärkeimpänä siirtyminen sähkövoimaan. Sähkötekniikan

kehittyminen sekä sähkön kasvava hyödyntäminen ovat lähitulevaisuuden liikenteen tärkein keino vaikuttaa ilmaston muutokseen. (Tapaninen 2018, 126.)

5.2 Uusiutuvan dieselin lisääminen

Polttoainekulutuksen pienentäminen sekä öljyn korvaaminen dieselin raaka-aineena on yksi lähitulevaisuuden toimenpiteistä autoteollisuudessa päästöjen vähentämiseksi. Myös kuorma-autojen hybridiratkaisut tulevaisuudessa vähentävät riippuvuutta öljystä. Arvion mukaan vuonna 2040 noin 30,4 prosenttia kuorma-autoista (yli 16 t) olisi dieselhybridimoottoreilla varustettuja, mikä parantaisi dieselmootoreiden kykyä vähentää kokonaispäästöjä. Uusiutuvan dieselin lisääntyvälle kysynnälle Kalenoja (2019) listaa useita edistäviä tekijöitä kuten esimerkiksi raaka-aineiden monipuolisuuden ja riippumattomuuden biojakelun velvoitteista. Toisaalta Kalenoja (2019) listaa tämän hetken rajoitteita uusiutuvien polttoaineiden käytön laajentamiselle. Raaka-aineiden saatavuus ja valmistuskustannukset sekä biopolttoaineiden kestävyysongelmat lisäävät negatiivisesti uusiutuvan dieselin ilmastovaikutuksia kokonaiskuvassa. Teknisessä kehityksessä Kalenoja mainitsee kolmannen sukupolven polttoaineet, kuten jäteperäiset ja erilaisista tuotantojen sivuvirroista aiheutuvat raaka-aineet. Saatavuus ei näissä aineissa olisi ongelma ja energian saanti olisi hyvin varmistettu. (Kalenoja, 2019.)

5.3 Maa- ja biokaasu käyttövoimana

Raskaanliikenteen polttoaineena on mahdollista käyttää tänä päivänä maakaasua tai biokaasua. Tällöin kyseessä on useimmiten metaani (CH₄). Riippuen kaasun säilytysmuodosta puhutaan joko paineistetusta kaasusta CNG (Compressed Natural Gas) tai nesteytetystä kaasusta LNG (Liquified Natural Gas). Kaasun käytöllä on mahdollista pienentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä. Nesteytetyn kaasun uskotaan palvelevan parhaiten nimenomaan raskasta liikennettä, koska sillä on mahdollista päästä lähes yhtä hyvään toimintasäteeseen kuin dieseliä käyttävän kuorma-auton. Kaasun osuus tulevaisuuden käyttövoimista 2030 luvun lopussa tulee olemaan arvion mukaan noin 18 prosenttia raskaissa kuorma-autoissa. Vaikka biokaasulla on mahdollista saada merkittävät vähennykset hiilidioksidipäästöihin ja raaka-aineiden saatavuus on erinomainen, nousee jakeluverkoston riittämättömyys pullonkaulaksi suuremmalle hyödyntämiselle. Toisaalta EU:n lainsäädäntö ei tule kaasuautomarkkinoiden kehitystä. (Kalenoja, 2019.)

5.4 Sähkö ja vety kuorma-auton käyttövoimana

Sähkön hyödyntäminen kuorma-autojen käyttövoimana on tällä hetkellä eniten kiinni tämän hetken akkuteknologiasta. Akkujen koot ovat suhteessa suuret eikä toimintasäde ole polttomoottori-autoihin verrattavissa. Käynnissä oleva teknologinen kehitys akuissa ja niiden valmistuksessa tulee kuitenkin paranemaan huomattavasti seuraavien vuosien aikana. Kuviossa 5. Kalenoja (2019) nostaa esiin sähkön käyttöä edistäviä sekä hidastavia tekijöitä. EU:n sähköautoja suosiva tavoiteasetelu tulee olemaan yksi merkittävä edistäjä sähkölle. Tässä vaiheessa kehitystä jarruttaa kuitenkin lukuiset tekijät akkuteknologian lisäksi. Polttomoottoriautoihin verrattuna **lataus eli energian jakeluverkosto** on erittäin suppea laajamittaiseen sähkön hyödyntämiseen raskaassa liikenteessä. Samalla myös itse **lataustekniikka** tulee vaatimaan suuresti kehitystä. Kalenoja (2019) arvioi täyssähkön osuuden olevan raskaassa liikenteessä noin 15 prosenttia vuonna 2040. Samaan aikaan kuitenkin vetyteknologiassa on saavutettu merkittäviä edistysaskeleita ja vuosien 2038–2040 aikana sen uskotaan kasvavan jo noin 15 prosenttiin raskaiden kuorma-autojen käyttövoimista. Vedyntuottaminen vaatii tällä hetkellä suuret määrät energiaa, ja autojen tuotantokustannukset ovat erittäin korkeat. (Kalenoja, 2019.)



Kuvio 4. Sähkön käyttöön vaikuttavat tekijät (Kalenoja, 2019, mukailtu).

Vaihtoehtoisista polttoaineista vety antaa teknologian kehittyessä mahdollisuuden puhtaaseen lopputulokseen. Vetyä käyttävän ajoneuvon ainoat päästöt ovat vesihöyry. Vetyä on mahdollista tulevaisuudessa käyttää suoraan **polttomoottorin energianlähteenä**. Toinen vaihtoehto on varastoida vety polttokennoihin, ja käyttää vetyenergiaa **sähköauton energianlähteenä**. Tällä hetkellä kuitenkin vedyn tuottaminen vaatii energiaa enemmän kuin sitä saadaan ajoneuvon liikuttamiseen. Merkittävää on tulevaisuudessa myös, miten vedyn tuottamiseen käytetty energia on saatu aikaan (Autoalan tiedotuskeskus, 2022).

5.5 Liikenteen käyttövoimat Suomessa

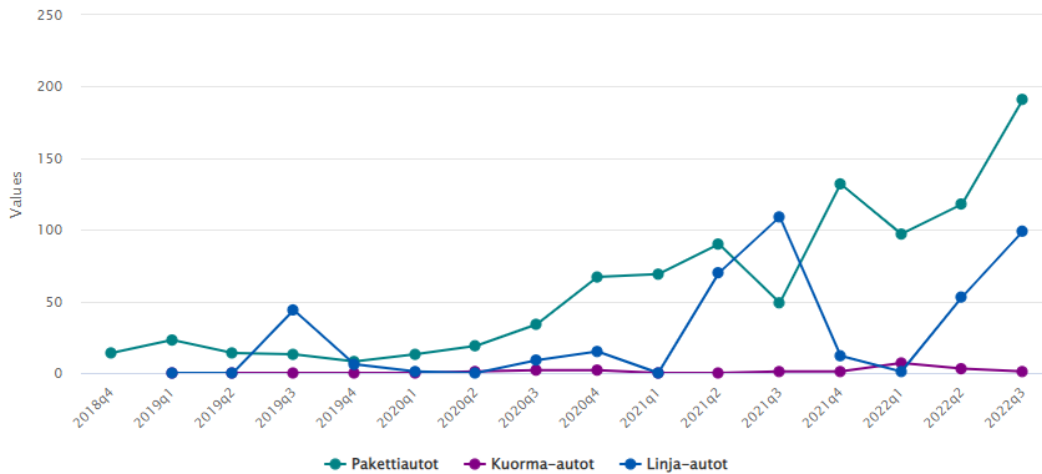
Syksyn 2022 Traficomien tilaston mukaan Suomen tiellä on noin 100 000 kuorma-autoa, joista valtaosa (97,1 %) käyttää energianlähteenä dieseliä, bensiinin osuuden ollessa 2,3 prosenttia. Yleisesti käytössä olevia vaihtoehtoisia energian lähteitä kuorma-autoille ovat täyssähkö, kaasu, lataushybridit ja korkeaseosetanoli. Näiden fossiilisia polttoaineita korvaavien käyttövoimien osuus viimeisten tilastojen mukaan Suomen teillä on vain **noin 0,6 prosenttia** kaikista kuorma-autoista. Taulukossa 2. on luettelo syyskuun 2022 liikennekäytössä olevien kuorma-autojen käyttövoimista. Huomioitavaa on, että uusiutuvaa dieseliä käyttävät eivät ole tässä tilastossa, koska uusiutuvan polttoaineen käyttö ei vaadi erilaista tekniikkaa. (Traficom, 2022.)

Taulukko 2. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot 30.9.2022 (Traficom, 2022).

Käyttövoima	Määrä
Bensiini	2274
Diesel	97270
Sähkö	21
Ladattavat hybridit	0
Kaasu	469
Etanoli	125
Muu	44

Suomen hallituksen linjaaman tavoitteen mukaisesti vuonna 2045 liikenteen tulee olla fossiilivapaata. Kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi tulevaisuudessa liikenteeseen ensirekisteröitävien ajoneuvojen tulee käyttää vaihtoehtoisia käyttövoimia fossiilisten polttoaineiden sijaan. Raskaassa liikenteessä vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat vielä pienessä osassa, mutta määrät ovat selvästi kasvussa. Fossiilittoman tieliikenteen kartan tavoitteena on, että Suomen tiellä liikkuu vuonna

2030 jo 4600 täyssähkökuorma-autoa ja 6200 kaasukuorma-autoa ja -bussia. Kuviossa 6. nähdään varsinkin pakettiautojen sekä bussien ensirekisteröinneissä voimakasta kasvua. Kvartaali ykkösellä Suomessa rekisteröitiin seitsemän kappaletta täyssähkökuorma-autoa kokonaismäärän ollessa nyt edellä taulukossa 1 mainittu 21 kappaletta. (Traficom, 2022.)



Kuvio 5. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ensirekisteröinnit 2015-2022 (Traficom, 2022).

6 Sähkö kuorma-auton käyttövoimana

Tutkimuksen tässä osassa syvennyttään sähkötekniikan ominaisuuksiin sekä rajoitteisiin yli 16 tonnin kuorma-auton käyttövoimana. Kuorma-auton valmistajista lähes kaikilta löytyy tänä päivänä valikoimastaan sähköiset versiot. Sähkökuorma-autoista käytetään yleisesti lyhennettä BEV (Battery Electric Vehicle). Yli 16 tonnisten kuorma-autojen tekniset ominaisuudet eri valmistajien välillä ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Materiaalina kuorma-autojen valmistajien sähköratkaisuihin tutustumisessa lähteenä toimii yrityksen omalle asiakkaalle toteutettu tarjouskilpailutus. Kilpailutuksen tarkoituksena oli ratkaista tietyn ennalta sovitun jakelusuoritteiden toteutus täyssähköisellä jakelukuorma-autolla ilman välilatausta päivän aikana. Kilpailutusmateriaalin perusteella saatiin kattava näkemys kuorma-autojen teknisistä ominaisuuksista sekä soveltuvuudesta suunniteltuun jakelusuoritteeseen. (Uudenmaan Kuljetuspalvelu Oy, tarjouspyyntömateriaali toimittajilta). Tässä luvussa esitellyt tekniset tiedot ovat kaikki julkisista esitemateriaaleista poimittuja.

6.1 Toimittaja: Scania

Scania tarjoaa tällä hetkellä kaksi akselisen sähkökuorma-auton moottoriksi kestopagnetoitua versiota, jossa maksimitehoksi ilmoitetaan 295 kW. Akkujen osalta on tarjolla kahta erilaista versiota; viiden tai yhdeksän akun kokonaisuutta. Jälkimmäinen tarjoaa **300 kWh** kapasiteetin mahdollistaen noin 250 kilometrin toimintasäteen. Materiaalina Scanian kuorma-autoissa on litiumioni. Latauksen osalta Scania käyttää CCS type 2 plug-in liitäntää, jossa kapasiteetti voi olla enintään 130 kW:a ja maksimissaan 200 ampeerin tasavirtaa (DC). Maksimiteholla ladattuna yhdeksän akun eli 300 kWh:n akku latautuisi noin 1 h ja 40 min aikana. Viiden akun paketti vaatisi aikaa noin yhden tunnin. (Scania 2022).

6.2 Toimittaja: Volvo

Kohteena olevista jakelukäyttöön olevista sähköisistä kuorma-autoista Volvolla on tarjolla kaksi erilaista mallia. Volvo tarjoaa yli 16 tonnin jakelukäyttöön soveltuvaa kaksi akselista kuorma-autoa kahtena eri mallina. Volvon FL malli on tarjolla 16,7 tonnin kokonaispainolla ja FE malli, joka on tarjolla 18 tonnin kokonaispainolla. FE mallin moottorin jatkuvaksi tehoksi ilmoitetaan kahdella sähkömoottorilla 225 kW. Saman mallin optimaalinen toimintasäde neljän akun eli **254 kWh**:n kapasiteetilla on noin 200 km. Yksi akku on kapasiteetiltaan 66 kWh.

Volvon FL mallin sähkömoottorin jatkuvaksi tehoksi ilmoitetaan 130 kW eli noin 176 hv eli pienemmäksi kuin isomman Volvon. Vastaavasti FL mallin toimintasäde on suurempi isomman akkukapasiteetin ja moduulien myötä. FL malliin on saatavilla 6 kappaletta 66 kWh:n akkua, joka antaa **396 kWh**:n energian ja sen avulla pidemmän toimintasäteen. Volvojen lataus onnistuu vaihtovirralla (AC) ja 22 kW teholla noin 11 tunnin aikana. Mahdollista on myös nopea lataus 2 tunnissa, mutta lataustehon tarvitsee olla tuolloin 150 kW.

Volvon lisäksi Renault tarjoaa käytännössä samaan tekniikkaan perustuvia sähkökuorma-auton ratkaisuja. Volvo sekä Renault ovat itsenäisiä auton valmistajia, mutta taustalla on yhteinen omistuspohja. Tämän takia Renaultin tarkastelua ei otettu erikseen tutkimukseen mukaan.

6.3 Toimittaja: DAF

Helmikuussa 2021 DAF esitteli jakeluliikenteeseen suunnitellun 19 tonnisen LF Electric mallin. Aiemmin DAF on tuottanut raskaampaan luokkaan CF mallia sähköisenä. DAF:n esittelemän mallin sähkömoottori antaa 250 kW:n ja huippuna 370 kW:n tehon. Ajoneuvon 282 kWh:n akkukapasiteetti mahdollistaa optimaalisissa olosuhteissa jopa 280 km toimintasäteen. Hitaalla latauksella 22 kW:n vaihtovirralla akku latautuu täydeksi noin 12 tunnissa. DAF:n pikalataus tasavirralla 150 kW:n teholla täyteen toteutuu noin kahdessa tunnissa.

Muihin autonvalmistajien malleihin verrattuna DAF:n akut ovat valmistettu litiumrautafosfaatista. Ympäristön näkökulmasta näiden akkujen valmistuksessa ei ole tarvetta käyttää kobolttia tai magnesiumia. (Nordic Truckcenter, 2022.)

6.4 Yhteenveto: sähkökuorma-autojen toimittajat

Taulukossa 3. on havainnollistettu tämän hetken myyntiesitteiden tietojen perusteella sähkökuorma-autojen moottorien ja akkujen sekä toimintasäteen kykyjä. Lähtökohtaisesti kaikki tässä esimerkkinä käytetyt ajoneuvot ovat suhteellisen lähellä toisiaan, kun verrataan optimaalisissa olosuhteissa tehtävää suoritetta. Sähköauton valinnassa kaikkien toimittajien palveluun kuuluu tarkka ajosuorituksen kartoitus sekä simulointi. Ajoneuvojen käyttöolosuhteet, ajomatkat, lisälaitteet ja latausmahdollisuudet vaikuttavat merkittävästi oikean tuotteen valintaan. Riippuen työtehtävästä auton teoreettista maksimi toimintasädettä ei aina ole mahdollista saavuttaa, vaikka päivän kilometrit jäisivät sen alle. Huomionarvoista taulukossa on suurteholatauksen edellyttämät vaatimukset latausaseman ominaisuuksille. 150 kW:n teho vaatii laturille reilusti isompia jännitteitä, kuin perusliittymät kiinteistöille mahdollistavat.

Taulukko 3. Vertailu sähkökuorma-autojen ominaisuuksista (Scania, Volvo, Nordic Truck Center, 2022, mukailtu)

		Scania 18 t	Volvo FE 18 t	Volvo FL 16 t	DAF LF 19 t
Moottorin nimellisteho	kW	230	225	130	250
Akun kapasiteetti	kWh	300	265	395	282
Akkutyyppe		litiumioni	litiumioni	litiumioni	litiumrautasulfaatti
Latausteho: vaihtovirta (AC)	max teho (kW)	-	22	22	22
Latausteho: tasavirta (DC)	max teho (kW)	130	150	150	150
Paras toimintasäde	km	250	200	300	280

Edellä on esitetty yhteenveto ajoneuvojen teknisistä ominaisuuksista syksyllä 2022 tehdyn vertailun perusteella. Taulukosta voidaan todeta niiden olevan suhteellisen lähellä toisiaan.

6.5 Sähkökuorma-autojen tulevaisuus

Useat eurooppalaiset kuorma-autojen valmistajat ovat ilmoittaneet tavoitteekseen 44 prosenttiosuuden uusien kuorma-autojen myynnistä olevan nollapäästöisiä vuonna 2030. Tässä vaiheessa sähkökuorma-autojen hankintakustannukset ovat vielä merkittävän korkeat. Rahtialan yritykset ovat pääsääntöisesti pk-yrityksiä, joten alkuvaiheen investoinnit ovat monelle toimijalle ilman tukia taloudellisesti raskas hankinta. Valtioiden ja esim. EU:n tavoitteellinen politiikka vähäpäästöisten ajoneuvojen tuotannolle tulee kasvattamaan sähköautojen massatuotantoa kahden seuraavan vuosikymmenen aikana. Nousevat valmistusmäärät ja tekniikan jatkuva kehitys muuttavat myös tulevaisuudessa sähkö- ja nollapäästöisten kuorma-autojen hankinnan sekä omistamisen poltto-moottoriautoja edullisemmaksi. Ennen tätä tarvitaan tilapäisesti yhteiskunnan tukia sekä kannusteita, mitkä on todettu tehokkaasti lisäävän mm. sähköajoneuvojen määrää tien päällä. Tällä hetkellä Euroopan tasolla 16 valtiolla on käytössään kannustimia ja tukia sähköautojen hankintaan. Esimerkkinä mahdollisesta rahoitusmekanismista on EU:n infrastruktuurirahasto (CEF). Rahaston listalla on myös Suomi. (Transport & Environment, 2022.)

6.6 Akkuteknologian perusteet

Akkujen historia energian varastona on saanut alkunsa jo vuonna 1800, kun italialainen tiedemies Alessandro Volta keksi sähköparin. Tuolloin ei vielä tunnettu jännitettä, eikä kyetty hyödyntämään tekniikkaa pysyvänä sähkön lähteenä. Akkujen varsinainen syntyminen katsotaan tapahtuneen 1859 kun ranskalainen tiedemies Planté keksi ensimmäisen uudelleen ladattavan akun ensiversion, missä teknisenä rakenteena oli laimeaan rikkihappoon upotetut lyijylevyt. Nykyistenkin lyijyakkujen periaate on edelleen sama, erotuksena rakenteen ja mineraalien muutokset. (Linja-aho, V. 2022, 17.)

Lyijyakit ovat olleet pitkään hallitseva akkuteknikka ja edelleenkin paljon käytetty esim. autojen käynnistysakkuna. Lyijyakit ovat lähtökohtaisesti turvallisia, yksinkertaisia, helposti kierrätettäviä ja halpoja. Yleisimmät lyijyakit ovat yleistymisjärjestyksessä nikkelikadiumakku (NiCd) ja nikkelmallihypridiakku (NiMH). Erityyppiset litiumioniakit ovat kuluttajaelektroniikan tarpeen myötä yleistyneet myös vallitsevana tekniikkana muissakin akkutarpeissa. Litiumioniakuissa on merkittävästi parempia teknisiä ominaisuuksia kuin lyijyakuissa, mutta vastapainona myös paljon heikkouksia, mitä valmistajien on otettava huomioon. Litiumakit ovat lähtökohtaisesti kalliimpia monesta syystä. Valmistus sitoo paljon harvinaisia maametalleja, sekä valmistusprosessi itsessään on kallis toteuttaa. Lyijyakkuihin nähden litiumioniakit ovat paloturvallisuudeltaan riskialttiimpia, koska akkujen elektrolyytti on palavaa materiaalia. Kolmas merkittävä riski on akun huono kyky kestää yli latausta ja ylipurkamista, mikä asettaa mm. teknisiä vaatimuksia jännitteen valvonnalle ja hallinnalle erityisesti latauksen yhteydessä. (Linja-aho, V. 2022, 19–20.)

Linja-ahon (2022, 21) mukaan sähköautoissa olisi mahdollista käyttää pienempiä ja keveämpiä akkuja, mikäli teknisesti akut olisivat vaihdettavissa esim. huoltoasemalla. Vaihtojärjestelmä edellyttäisi alan yhteistä standardia ja tahtotilaa, mitä ainakaan tällä hetkellä ei näytä olevan tulossa. (Linja-aho, V. 2022, 21.)

Oheisessa taulukossa on listattu yleisesti käytössä olevien litiumakkuratkaisujen akkukemioiden yhdistelmiä, sekä eri rakenteiden etuja sekä haittoja. Akkujen rakenteet vaihtelevat isosti, ja erilaisiin tarpeisiin on ratkaistavissa useita yhdistelmiä riippuen halutusta ominaisuudesta. Esimerkkinä painotuksesta on autoteollisuuden tahto luopua koboltista akkukemiana sen epäeettisyyden takia.

Yli puolet maailman koboltista tulee Kongosta, joka on merkittävä lapsityövoimaa käyttävä maa. (Linja-aho, V. 2022, 30–35.)

Taulukko 4. Litiumakkutekniikat (Linja-aho, V. 2022, 30 – 35 mukailtu)

Litiumakkuratkaisut	Edut	Haitat	Käyttökohteet
Litiumrautafosfaatti	LiFePo4 Voi purkaa suurella virralla. Korkea syttymislämpötila parantaa turvallisuutta. Rautaa ja fosforia paljon saatavilla.	Huonompi energiantiheys kuin kobolttipohjaisissa.	Käsityökoneet. Tesla siirtynyt käyttämään edullisimmissa malleissa. Turvallisuuden vuoksi sopii hyvin myös veneisiin.
Litiumkobolttioksidi	LCO Korkea energiantiheys ja matalahko hinta. Turvallisuus NCA akkujen tasolla	Vakaus ja turvallisuus korkean ylikuumenemisriskin myötä. Runsas kobolttin määrä	Puhelimet ja tietokoneet.
Litiumnikkelioksidi	LNO Parempi energiantiheys kuin LCO. Ei kobolttia ja suuri potentiaalinen ominaisenergia.	Turvallisuus ja syklikesto heikkoja.	
Litiummangaanioksidi	LMO Edullinen ja hyvä ominaisenergia.	Matala syklikesto.	Käsitykalut.
Nikkelikobolttialumiini	NCA Korkea energiantiheys.	Menettää korkeissa lämpötiloissa kapasiteetin. Huono syklikestävyys sekä lämpöryntäyksen kyky	Ajoneuvoissa mm. Tesla yleisesti käyttämä.
Nikkelimangaanikoboltti	NMC Suuri energiantiehyys ja hyvä virranantokyky. Kennotyyppi sopii moneen kohteeseen ja on kohtuullisen turvallinen. Kobolttin määrää voidaan säätää suhteessa nikkeliin ja mangaaniin käyttötarkoituksen mukaisesti.	Ei merkittäviä haittoja.	Yleisin sähköautojen akkukemiyhdistelmä.
Litiumtitanaatti	LTO Hiilen puuttuminen tekee paloturvalliseksi. Suuri virran kesto ja syklikesto.	Matla kennojännite ja korkea hinta sekä energiakyky.	Kohteiss missä koko ja paino eivät ole esteenä mutta vaaditaan suuria purku- ja latausnopeuksia. Esim. kaukobussit jotka ladataan päätepysäkillä.

Litiumakkujen osalta on paljon erilaisiin tarpeisiin ja ominaisuuksiin soveltuvia vaihtoehtoja. Kalevoja (2019) totesi että nykyisiin akkuihin sekä niiden valmistukseen on tulossa uusia teknologisia kehitysaskeleita vuoteen 2040 mennessä, mikä osaltaan edistää sähkön hyödyntämistä.

6.7 Latausinfrastrukturi raskaille ajoneuvoille

Sähkö- ja nollapäästöisten kuorma-autojen lisääntyminen ei onnistu pelkästään tukemalla kalustohankintoja. Keskeinen haaste tulee olemaan riittävän latausinfraan rakentaminen. Euroopan parlamentti on pyrkinyt edistämään julkisen liikenteen tarpeisiin rakennettavaa latausverkostoa myös

raskaalle liikenteelle. Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin direktiivi (AFI) keskittyy edistämään Euroopan laajuisen liikenneverkon (TEN-T) varrelle rakennettavia julkisia latausasemia. AFI asetusversio on liikenneneuvostossa hyväksytty 2.6.2022. Suomesta puuttuu tällä hetkellä julkinen raskaalle liikenteelle tarkoitettu latausverkosto. Osa kevyelle kalustolle tarkoitetuista tehokkaista yli 150 kW:n latausasemista voi soveltua myös raskaalle liikenteelle, mutta ongelmaksi voi muodostua pysäköintialueen riittämättömyys. Toisena esteenä hyödyntämiselle tulee kuorma-auton akun suurempi tehon tarve, mikä muuttaa latauksen mitoitusta ja sen myötä sen riittävyttä useammalle autolle. (Traficom, 2022.)

AFI asetuksen vaatimukset raskaanliikenteen latausverkoston tavoitteille voidaan listat seuraavasti (Traficom, 2022).

TEN-T tieliikenteen ydinverkko:

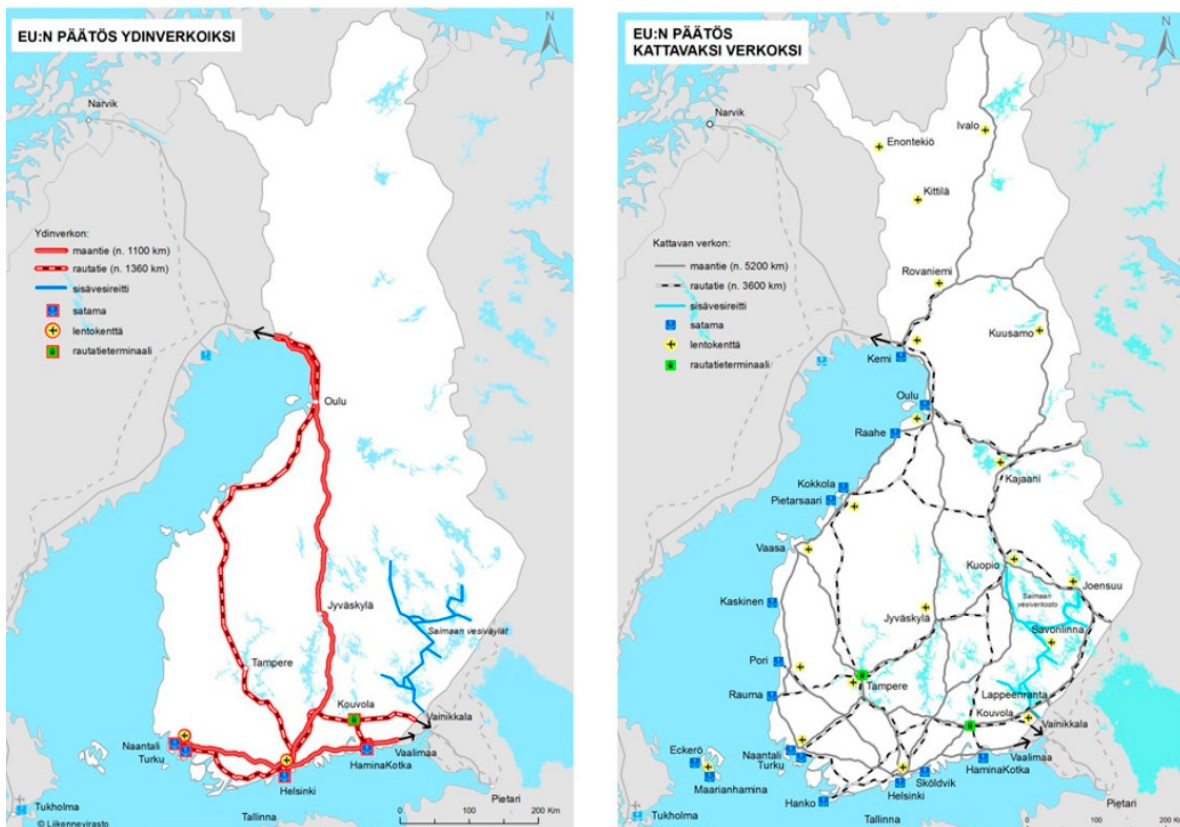
- Vuonna 2025 latausalueet 60 km välein teholla 1400 kW. Vähintään yksi 350 kW:n latausasema.
- Vuonna 2030 latausalueet 60 km välein teholla 3500 kW. Vähintään kaksi 350 kW:n latausasema.

TEN-T tieliikenteen kattava verkko

- Vuonna 2030 latausalueet 100 km välein teholla 1400 kW. Vähintään yksi 350 kW:n asema.
- Vuonna 2035 latausalueet 100 km välein teholla 3500 kW. Vähintään kaksi 350 kW:n asema.

Muut tieliikenteen verkot:

- Liikenneverkkojen rajoilla 60 km:n etäisyys latauspisteiden ei saa ylittyä
- Vuonna 2030 jokaisella turvallisella pysäköintialueella vähintään yksi 100 kW:n latausasema.
- 2025 kaupunkien solmukohdissa vähintään 600 kW:n teho ja asemakohtainen minimi 150 kW.
- 2030 kaupunkien solmukohdissavähintään 1200 kW:n teholla



Kuvio 6. Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T (Väylävirasto 2023)

Ydinverkon (kuvio 7.) osalta AFIR-asetus edellyttää siis vähintään kahdeksaa julkista raskaan liikenteen latauspoolia vuoteen 2025 mennessä ja jopa 60 vuoteen 2030 mennessä. AFIR asetuksen kaikki vaatimukset eivät vielä ole Suomen osalta tarkentuneet, koska neuvottelut ovat vielä maaliskuussa 2023 kesken. Liikenne- ja viestintäministeriön mukaan (2023) Suomessa vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfra kehitty pääsääntöisesti markkinaehtoisesti. Henkilöautojen sekä pakettiautojen osalta uskotaan, että AFIR-asetuksen tavoitteet tullaan saavuttamaan ilman merkittäviä tukia. LVM toteaa kuitenkin, että raskaalle liikenteelle sekä harvaan liikennöitävillä alueilla markkinatalous ei pysty asetuksen vaatimusta todennäköisesti saavuttamaan. Raskaan liikenteen käyttövoimien asetuksen mukainen laajentaminen edellyttää julkista tukea ja muita infran edistämiskeinoja. (Jääskeläinen, S., Ojala, T., Simonen, E., Kola, H. 2023, 13.)

Liikenne- ja viestintäministeriön tavoitteet vaihtoehtoisten käyttövoimien kappalemäärästä kuorma-autojen osalta vuoteen 2035 on taulukossa 5. Sähkön osalta vuonna 2023 maaliskuussa ei ole vielä yhtään julkista latausasemaa sähkökuorma-autoille. Mutta ennusteen mukaan vuonna

2025 olisi Suomen teillä jo noin 1000 sähköä käyttävää kuorma-autoa. Tulevan vahvistettavan tavoitteen mukaan AFIR asetuksen sekä päästövähennystarpeiden rahoittaminen tulee vaatimaan noin 61–95 miljoonan euroa vuoteen 2030 mennessä. (Jääskeläinen, S., Ojala, T., Simonen, E., Kola, H. 2023, 15.)

Taulukko 5. Jakeluinfraohjeleman ajoneuvotavoitteet kuorma-autoille. (Jääskeläinen, S. jne. 2023, mukailtu)

	Sähkö, kpl	Metaani (LBG), kpl	Metaani (CBG), kpl	Vety, kpl
2025	1000	845	455	50
2030	5400	4850	2400	500
2035	12200	9610	3200	2400

Kuten taulukosta käy ilmi, sähkökuorma-autojen osuus tulee kasvamaan reilummin vasta vuosikymmenen loppupuolella ollen 2022 vuoden aikana vasta alle 30 täyssähkökuorma-autoa. Em. alkuilanteen määrät eivät anna uskoa markkinalähtöisen julkisen latausinfraan kehittymisestä ilman merkittävää tukea. Sähköä käyttävien ajoneuvojen kannan on noustava merkittävästi, jotta myös latausinfraan kysyntä kasvaa niin suureksi, että markkinaehtoinen kasvu lataustarjonnassa toteutuu. Tämän takia edelleen on jatkettu autokannan tukemiseen hankintatukia. (Jääskeläinen, S., Ojala, T., Simonen, E., Kola, H. 2023, 15.)

6.8 Sähkön riittävyys tieliikenteen tarpeisiin

On arvioitu, että hiilineutraalin tiekartan mukaisten tavoitteiden saavuttaminen ei merkittävästi edellytä sähköntuotantokapasiteetin tarvetta liikenteelle. Suomen ilmasto- ja energiastrategian mukaan vuoden 2021 tasosta energian kokonaiskulutuksen lisäys olisi 5–8 terawattituntia vuodelle 2030 ja 8–17 TWh vuodelle 2035. Tästä liikenteen tarve vuodelle 2030 olisi noin 3 TWh, mikä olisi noin 3 % kokonaiskulutuksesta (92–95 TWh). Tulevaisuuden näkökulmasta Suomella on erinomaiset mahdollisuudet päästä vuoden 2023 aikana omavaraisuuteen sähkön osalta. Olkiluoto 3 voimalaitoksen sekä lukuisten tuulivoimahankkeiden toteutuminen mahdollistaa Suomen hiilineutraaliustavoitteiden toteutumisen myös liikenteen energian tarpeen näkökulmasta. Sähkön omavaraisuus parantaa merkittävästi Suomen huoltovarmuutta pienentämällä tarvetta fossiilisille polttoaineille, kuten esim. tuonti öljylle. (Jääskeläinen, S., Ojala, T., Simonen, E., Kola, H. 2023, 23–25.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että sähköä riittää tulevaisuuden odotettuun tarpeeseen liikenteelle. EU:n lainsäädäntö ohjaa vahvasti ajoneuvojen valmistajia tällä hetkellä sähkön käytön lisäämiseen, mikä on kiihdyttänyt, ja kiihdyttää edelleen tekniikan kehitystä niin ajoneuvojen kuin akkujenkin osalta. Tietoperusta osoittaa sähkökäyttövoiman yleistymistä tulevaisuudessa monesta eri suunnasta. Poliitiikka, lainsäädäntö, sopimukset ja ajoneuvojen valmistajat tähtäävät kaikki sähkön merkittävään rooliin liikenteen päästöjen leikkaamiseen. Voidaan todeta, että siirtyminen pois fossiilisista polttoaineista on käynnissä, mikä näkyy ennen kaikkea kunnianhimoisissa tavoitteissa.

7 Tutkimuksen toteutus

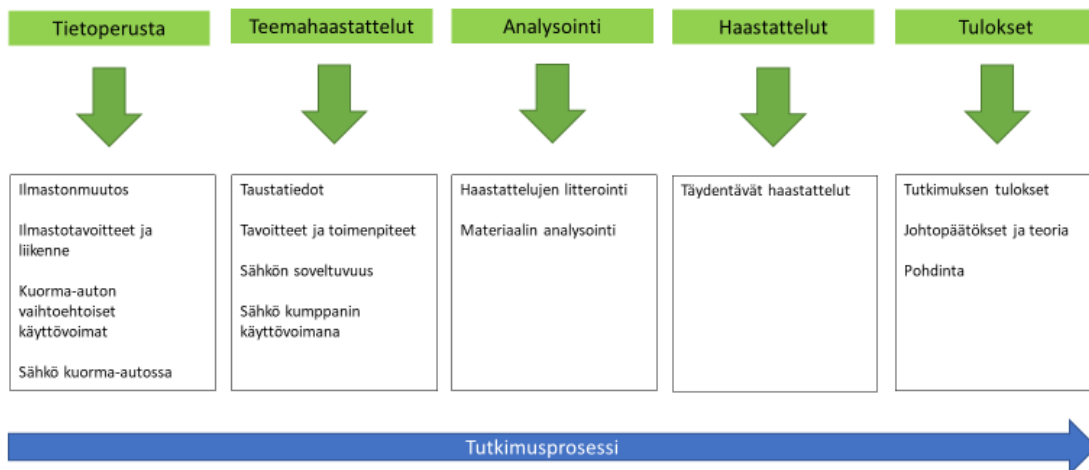
Tutkimuksen lähtökohtana oli tutkimusasetelmassa määritellyt tutkimuskysymykset:

1. Miten valitut kuljetusjärjestelmät toteuttavat hiilineutraalia jakelupalvelua käytännössä?
2. Miten sähkö soveltuu jakelukuorma-auton käyttövoimaksi ja miten edistetään sen yleistymistä?
3. Miten yrityksen on mahdollista päästä osaksi kuljetusjärjestelmän sähköistä verkostoa?

Tutkimuksen toteutuksessa lähdettiin liikkeelle syventymällä kasvihuoneilmiöön sekä ilmaston lämpenemiseen johtaneisiin tekijöihin. Pitkälti teollistumisen myötä on tukeuduttu fossiilisten raaka-aineiden hyödyntämiseen, mikä on merkittävältä osin vaikuttanut nyt tunnistettuun ilmaston muutokseen. Tietoperustassa syvennyttiin ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi asetettuihin tavoitteisiin, niin globaalilla tasolla kuin myöskin kansallisella tasolla. Ilmastotavoitteista jatkona selvitetiin, mikä on liikenteen osuus päästöistä sekä liikenteelle asetettuja tavoitteita tulevaisuuteen. Tietoperustan osuudessa perehdyttiin erityisesti Suomen valtioneuvoston hiilineutraalin tiekartan konkreettisiin tavoitteisiin vuodelle 2030 ja 2045.

Tutkimusaineistona käytettiin kirjallisuutta varsinkin ilmastonmuutoksen taustoittamiseksi sekä jossain määrin siihen vaikuttaneisiin tekijöihin. Tietoperustassa syvennyttiin julkisista EU-tason sekä Suomen valtioneuvoston julkaisuista, miten ilmaston muutoksen torjuntaan on asetettu tavoitteita erityisesti liikenteelle. Tavoitteista sekä toimenpiteistä selvitetiin, mikä on liikenteen osuus ilmasto kuormittavana tekijänä. Julkisten verkkosivujen kautta tutustuttiin kahden kuljetusjärjestelmän omiin tavoitteisiin ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Tutkimuksen kokonaistoteu-

tus on esitelty kuviossa 8. Toteutuksessa hyödynnettiin useampaa menetelmää, joilla pyrittiin rakentamaan valituista teorieemoista johdonmukainen polku tutkimuksen tavoitteiden sekä kysymysten avaamiseksi. Lisäksi haluttiin tietoa, miten ja milloin sähkökuorma-auton hankinta voisi olla liiketoiminnan kannalta järkevää kohdeyritykselle.



Kuvio 7. Tutkimuksen prosessin vaiheet.

7.1 Dokumenttianalyysi

Tutkimuksen toteutuksessa eri tasolla olevien tavoitteiden jälkeen teoriaosuudessa tarkasteltiin kohdeyrityksen ydinliiketoiminnan näkökulmasta soveltuvia käyttövoimaratkaisuja kuorma-autoille. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osalta perehdyttiin tämän hetken ratkaisuihin, tulevaisuuden mahdollisiin vaihtoehtoihin sekä ennusteisiin eri energialähteiden osuuksista tulevaisuudessa. Eri-laisten vaihtoehtoisten käyttövoimaratkaisujen osalta haluttiin tutkia tarkemmin, miten sähkö nähdään tulevaisuudessa soveltuvan ratkaisuna jakeluliikenteeseen keskittyneen yrityksen käyttövoimaksi.

Sähkön osalta vertailtiin markkinoilla olevien kuorma-auton valmistajien ratkaisuja. Vertailumateriaalina käytettiin syksyllä 2022 yrityksen toteuttaman hankintakilpailutuksen materiaalia. Kilpailutus tehtiin erään kuljetusyrityksen asiakkaan tarpeen ratkaisemiseksi. Kilpailutuksessa haluttiin selvittää, voiko kyseisen asiakkaan suoritteiden toteuttaa täyssähköisellä kuorma-autolla ilman päivän

aikana tehtävää välilatausta. Kilpailutuksessa oli mukana kolme tunnettua kuorma-auton valmistajaa, jotka antoivat simuloidun suoritteiden perusteella arvion teknisestä soveltuvuudesta ko. ajotehtävään. Tarjouskilpailutuksen materiaali antoi hyvän pohjan työn tavoitteeseen tarkastella sähkön soveltuvuutta lyhyen etäisyyden ajosuoritteeseen. Kaupunkien keskusta ja lähialueet ovat tiheästi rakennettuja, missä tehdään paljon jakelu- ja noutotapahtumia pienellä ajosuoritteella. Saatujen tarjousten perusteella ajoneuvoista tehtiin tekninen vertailu sekä erikseen investointitarkastelu. Tarjousmateriaalien sekä tuote-esitteiden perusteella tehdyn vertailun voidaan katsoa olevan tutkimusmenetelmänä ns. dokumenttianalyysi. Tutkimuksessa ei esitellä tarkkoja yksityiskohtia hintojen osalta, vaan keskityttiin teknisten ominaisuuksien kautta toteutuneeseen tarkasteluun.

7.2 Havainnointi

Opinnäytetyön kohteena olevan yrityksen edustajien oli mahdollista tutustua kutsuvieraana Scaniaan täyssähkökuorma-autojen koeajotilaisuuteen 8.6.2022 järjestetyssä tilaisuudessa Kymring moottoriradalla Kouvolassa. Kutsuvierailta oli mahdollisuus koeajaa useaa täyssähköistä esittelyautoa moottoriradalla. Testin koeajossa oli yksi kohdeyrityksen ydinliiketoimintaan soveltuva kaksi akselinen jakelukuorma-auto perälaudalla varustettuna. Lisäksi tapahtumassa esiteltiin yhden latausratkaisuja toteuttavan yrityksen latauspalveluja ja -laitteita.

Sähköautoesittely 6.–7. päivä helmikuuta 2023 Volvon Ruotsin tehtaalla Göteborgissa oli toinen havainnointia mahdollistanut tapahtuma yrityksen edustajalle. Testitilaisuudessa oli esillä yli kymmenen kappaletta kuorma-autoa yhdistelmäajoneuvoista jakelukuorma-autoihin erilaisilla kuormatila- ja käyttöratkaisuilla. Yrityksen edustajalla oli mahdollisuus kuulla Volvon strategiaa tulevaisuuden osalta liikenteen sähköistymisessä. Volvon tavoitteena on vuoden 2030 jälkeen valmistaa uusista kuorma-autoista puolet täysin sähköisiä, eli merkittävä määrä.

Molemmat esittelytilaisuudet antoivat syventävän näkemyksen sähkön soveltuvuudesta jakelukuorma-auton käyttövoimaksi. Alkusyksystä 2022 tehdyn tarjouskilpailutuksen teknisiin vertailutietoihin pystyttiin todentamaan havaintojen kautta tekninen soveltuvuus käytännössä.

7.3 Teemahaastattelut

Tietoperustan varsinainen tutkimus toteutettiin teemahaastattelujen muodossa. Alkuperäisenä tavoitteena oli haastatella kahden valtakunnallisen kuljetusjärjestelmän edustajia. Haastattelut toteutettiin kuitenkin vain yhden järjestelmän organisaation edustajien haastatteluilla. Osallistujat olivat yrityksen eri toiminnoista ylimmästä johdosta keskijohdon toimihenkilöihin edustaen tuotanto-, myynti-, laatu- ja asiantuntijaorganisaatiota. Ensimmäisen vaiheen haastatteluja toteutettiin yhdeksän kappaletta. Haastattelut toteutettiin ja tallennettiin Teams-sovelluksella kamerat päällä. Näin voitiin edistää vuorovaikutusta. Kokonaisuudessaan teemahaastattelujen tallenteita kertyi 7 tuntia 4 minuuttia. Teemahaastattelujen runkona toimi sarja kysymyksiä, jotka olivat teemojen osalta jaettu neljään eri ryhmään. Haastatteluja ohjanneet teemat:

1. Taustatiedot yrityksestä sekä haastateltava roolista kuljetusjärjestelmän organisaatioissa
2. Tavoitteet ja menetelmät ilmastonmuutoksen torjunnassa
3. Sähkö ja sen soveltuvuus jakelukuorma-auton käyttövoimana
4. Mitkä tekijät edistävät ja hidastavat sähköä käyttävän yleistymistä?

Haastatteluja varten oli suunniteltu 22 kappaletta kysymyksiä (liite 1.), jotka toimivat haastattelijalle tukimateriaalina. Haastattelutilanteiden vuorovaikutus toimi erinomaisesti eikä haastattelijan tarvinnut käyttää kaikkia kysymyksiä halutun informaation saamiseksi. Koska kaikki haastateltavat olivat samasta järjestelmästä, yrityksen taustatietojen osalta ei käyty kaikkia kysymyksiä läpi tarpeettoman toiston välttämiseksi. Kaikki haastattelut toteutettiin anonymisti. Lisäksi haastattelun tulosten sekä havaintojen osalta kuljetusjärjestelmän edustajan kanssa sovittiin tehtäväksi tarkastus mahdollisten salaus- tai viestintäristiriitojen varalta.

Haastattelun tavoitteena oli selvittää kuljetusjärjestelmän tavoitteet ja strategiat niiden toteuttamiseksi. Kaikilla haastateltavilla oli suhteellisen hyvin tiedossa asetetut omat hiilineutraaliustavoitteet sekä välitavoitteet lähivuosille. Vaikka kaikki haastateltavat olivat samasta organisaatiosta, voitiin kuitenkin todeta yrityksen tavoitteiden omaksumisessa hienoisia eroja, lähinnä aikataulujen ja vertailussa käytettävien lähtötasojen välillä. Tämä osittain selittyy haastatteluissa havaittuun tarpeeseen lisätä tiedotusta sekä viestintää organisaatioille muutostarpeen ja valittujen menetelmien tai toimenpiteiden ymmärtämiseksi. Tiedon omaksuminen vaatii paljon toistoa.

Tavoitteiden kautta toisen teeman osuudessa syvennyttiin nyt käytössä oleviin ratkaisuihin liikenne-
netuotannon päästöjen pienentämiseksi. Samalla teeman yhteydessä haluttiin tarkentaa mitä il-
mastotavoitteet tarkoittavat ja miten tavoitteita määritellään. Näin pystyttiin peilaamaan yrityk-
sen ilmastotavoitteita suhteessa tietoperustassa esiteltyihin ilmastotavoitteisiin. Tavoitteiden sekä
toimenpiteiden tunnistamiseksi pohdittiin, miten päästömittausta tehdään tällä hetkellä ja millai-
sia haasteita mittaukseen yleisesti liittyy.

Teemahaastattelujen aikana selvisi tarve selvittää tarkemmin, miten mahdollisesti sähkökuorma-
autojen markkinan uskotaan kehittyvän ja varsinkin mitkä tekijät voivat vaikuttaa markkinahinnan
kehitykseen. Teemahaastattelujen jatkona tehtiin lisähaastattelut kahdelle perinteiselle kuorma-
auton valmistajan edustajalle pyrkien tunnistamaan edellä mainittuja aiheita. Toisen vaiheen haas-
tattelut toteutettiin myös Teams-haastatteluna pyrkien avoimeen vuorovaikutukseen. Maahan-
tuojien kysymysten runko:

1. Taustatiedot maahantuontiorganisaatiossa
2. Näkemykset sähkön soveltuvuudesta lähijakelun käyttövoimana kuorma-autossa
3. Sähkön hyödyt ja edut käyttövoimana
4. Sähkön käyttöä edistävät ja jarruttavat tekijät
5. Markkinoiden kehittyminen tulevaisuudessa

Myös nämä haastattelut käsiteltiin tuloksissa anonyymeinä sekä yleisellä tasolla ilman tarvetta sa-
lata tutkimuksen aineistoa. Tutkimuksen tärkeimmät osuudet olivat havainnointiin ja kokemuk-
seen perustuvat näkemykset sähkökuorma-autoista, sekä kuljetusjärjestelmien ilmastotavoittei-
den toteutuminen käytännössä.

Teemahaastattelujen osallistujat on esitelty taulukossa 6. Haastateltavat haluttiin valita laajalla
otannalla kuljetusjärjestelmän organisaatiosta mahdollisimman hyvän kokonaiskuvan varmista-
miseksi.

Taulukko 6. Teemahaastattelun osallistajat

Haastateltava	Vastuualue	Taso	Haastattelun ajankohta
xxx	Ylin johto	ylin johto	16.3.2023
xxx	Vastuullisuus	keskijohto	16.3.2023
xxx	Kalusto	keskijohto	20.3.2023
xxx	Johtaja, maakuljetukset	ylin johto	21.3.2023
xxx	Johtaja, laatu ja asiakastyytyväisyys	ylin johto	21.3.2023
xxx	Johtaja, osa- ja kokokuormaliikene	keskijohto	22.3.2023
xxx	Johtaja, myynti	keskijohto	23.3.2023
xxx	Johtaja, tuotantoalue	ylin johto	23.3.2023
xxx	Johtaja, nouto- ja jakeluliikenne	keskijohto	24.3.2023

7.4 Tutkimuksen analysointi ja havainnot

Haastattelujen litteroitua materiaalia kertyi MS Word tiedostoina 347 sivua ennen tekstin käsitteilyä. Haastattelujen litterointivaihe oli hidas ja työläs käytetystä sovelluksesta huolimatta. Tekstin sisään muodostui paljon ylimääräisiä merkkejä ja materiaalin ”siivoaminen” otti paljon aikaa. Tekstin siivous ja muokkaaminen helpotti ja auttoi tiivistämään materiaalia havaintojen kokoamisessa.

Litteroidun materiaalin havainnot lähdettiin kirjaamaan taulukkoon jokaisesta haastattelusta. Ensimmäisen viiden haastattelun materiaalin perusteella kertyi yhteensä 247 yksittäistä havaintoa tehdyistä haastatteluista. Näiden havaintojen perusteella pystyttiin luokittelemaan teemoista uudet merkitykselliset kategoriat. Litteroidun materiaalin havaintojen kirjaamisvaiheessa kuunneltiin nauhoitetut tallenteet tehdyistä haastatteluista. Tallenteiden perusteella varmistettiin havaintojen oikea ja täsmällinen tulkinta. Kaikkien haastattelujen litterointia ei suoritettu täydellisesti loppuun opinnäytetyön tekijän tulkinnan perusteella. Teemahaastattelujen kohteena oli saman kuljetusjärjestelmän edustajat, joten vastaukset olivat hyvin homogeenisia eikä havaintojen sisällöllinen informaatio aiheen ympäriltä lisääntynyt. Luokittelun perusteella haastatteluista pystyttiin tunnistamaan keskeiset uudet teemat tutkimuksen tulosten tunnistamiseksi.

8 Tulokset

Tutkimuksen tuloksissa on huomioitu toteutetun tarjouspyyntökierroksen materiaali sähköautojen vertailun osalta, tutkijan havaintojen perusteella hankittu tieto sähköautojen ominaisuuksista sekä lisäksi haastattelujen kautta esiin nousseet havainnot. Hankitun tiedon perusteella tutkimustulokset pystyttiin luokittelemaan kolmeen eri teemaan, mitkä osittain poikkesivat haastatteluteemoista. Ensimmäisessä teemassa tunnistettiin tämän ja lähitulevaisuuden **strategisia toimenpiteitä sekä keinoja, kuinka kuljetusjärjestelmä toimii suhteessa omiin sekä laajemman kontekstin ilmastotavoitteisiin**. Toisessa teemassa tulosten näkökulmasta kaikkien menetelmien kautta pystyttiin osoittamaan, **miten sähkö soveltuu käyttövoimaratkaisuksi jakeluliikenteeseen**. Toisaalta samassa yhteydessä tuloksista on nostettavissa merkittävät tekijät sähkön käytön esteiksi. Tekijät, jotka edellyttävät kehitystä ennen kuin kuljetusjärjestelmän, valtion tai EU:n tavoitteet ovat saavutettavissa. Kolmannessa teemassa nousee esiin keinoja, **miten kuljetusliike voi olla osana ilmastoystävällistä palvelutuotantoa**.

8.1 Teema 1: Ilmastonmuutoksen torjunta sekä hiilidioksidipäästöjen vähennys

Ilmastotavoitteet ja niiden merkitys

Haastatteluissa nousi vahvasti esille ilmastotavoitteiden merkitys liikenteen toimialalla. Viimeisten vuosien aikana vastuullisuus, erityisesti ympäristön osalta, on noussut jatkuvaksi teemaksi osana yritysten liiketoiminnan päivittäistä arkea. Perinteisellä toimialalla, kuten kuljetuspalveluissa, uutena arvona tai ajurina päätöksenteossa, niin omissa kuin asiakkaidenkin, mukaan on noussut ympäristötekijät sekä vastuullisuus. Vaatimukset päästöraportoinnille ja mittaamiselle on alkanut isojen globaalien yritysten omista vastuullisuuslupauksista esim. ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi. Tämä on realisoitunut konkreettisenä vaatimuksena läpi hankintaketjujen saavuttaen tilanteen, missä raportoitavat muutokset sekä toimenpiteet ovat jo arkea liki kaiken kokoisessa liiketoiminnassa.

Ilmastotavoitteiden jalkautuminen on alkanut ihmisten tietoisuuden lisääntyttyä, mutta ennen kaikkea yhteiskunnallisen murroksen kautta, missä tavoitteet valuvat kansainvälisistä sopimuksista alueellisiin tavoitteisiin ja lainsäädäntöön. Palvelun ja tuotteiden ostajien halu sekä tahto tehdä

valintoja kestävämpien vaihtoehtojen puolesta on merkittävä markkinoita muuttava tekijä. Tee-mahaastatteluissa asiakkailta tuleva paine koettiin merkittävimmäksi ajuriksi ilmastonmuutoksen torjunnassa. Alkuvaiheessa ilmastoarvot ovat olleet vielä isompien yritysten agendalla sekä vaatimuslistalla. Kuljetusjärjestelmän kokemuksen mukaan vaatimukset ovat tulleet yhä enenevässä määrin myös pienempien yritysten ja toimijoiden asialistalle.

Ilmastotavoitteiden toteutukseen liittyy samaan aikaan kuitenkin paljon kysymyksiä ja epätietoisuutta mm. mittaamisen ja toimenpiteiden vaikutusten todenperäisyyteen liittyen. Yleistä keskustelua leimaa vahvasti vaatimukset ja odotukset, ilman täyttä varmuutta tarkoituksen mukaisista keinoista tai menetelmistä. Tämä näkyy mm. isona tarpeena raportoida jotain. Nyt raportointia tehdään paljon arviointiin perustuen jokaisen toimijan valitsemien menetelmien avulla. Täsmällisten toimialakohtaisten päästölaskelmien standardoinnin puute tekee esim. palveluntarjoajien vertailun mahdottomaksi, mikä korostuu esim. uusien toimittajien valinnassa. Vanhojen asiakkuuksien päästöraportoinnissa on mahdollista seurata ja todentaa kehitystä, kun mittaamisen tapa on ennalta määritelty eikä sitä muuteta matkan varrella. Ulkopuolisten audittoijien käyttäminen järjestelmän päästöjen määrittelyssä katsottiin lisäävän luotettavuutta sekä läpinäkyvyyttä ulospäin.

Koska asiakasodotus on valtavan korkealla, haastattelujen vastauksissa nousi esille ilmastoneutraaliuden merkitys asiakasarvona. Tällä hetkellä kuljetusjärjestelmissä koetaan päästöjen vähennykseen tähtäävien toimenpiteiden olevan kilpajuoksua, niin konkreetian aikaan saamiseksi, kuin mielikuvien luomiseksi. Kuitenkin vaikka arvo vihreydestä on nostettu korkealle, ei sen toteutuksen osalta olla vielä ymmärretty esim. kustannusvaikutuksia eri vaikutustasojen tai tavoitteiden osalta.

Käytössä olevat menetelmät

Haastattelujen kohteena ollut yritys on useamman vuoden käyttänyt uusiutuvaa Neste My dieseliä kuorma-autoissa. Ensimmäisten asiakkaiden osalta käyttöä on aloitettu jo vuonna 2014. Uusiutuvan polttoaineen käyttöä alettiin tuolloin hyödyntämään mm. kuluttajalle toteutetuissa jakelukuljetuksissa yhteisesti sovituilla toiminta-alueilla. Uusiutuvan dieselin käyttöönotto on ollut helppoa, johtuen normaalin polttomootoriauton soveltuvuudesta ilman teknisiä muutoksia, sekä polttoaineen kohtuullisen hyvän saatavuuden myötä. Tällä hetkellä uusiutuvan dieselin käytöstä on sovittu

asiakaskohtaisesti yhteistyössä myyjän sekä ostajan välillä. Polttoaineena uusiutuva on näissä tapauksissa sekä kuljetusjärjestelmän oman tuotannon kalustossa että jakelusuoritetta tekevien liikennöitsijöiden kalustossa käyttövoimana.

Metaanin hyödyntäminen käyttövoimana on useamman ajoneuvon osalta käytössä päivittäin kuljetusjärjestelmän tuotannossa. Metaanin osalta ainoastaan biokaasu katsotaan järjestelmässä hiilineutraaliksi ratkaisuksi. Maakaasu luokitellaan fossiiliksesi polttoaineeksi, eikä sen takia ole osana ratkaisua siirryttäessä kohti hiilineutraaliutta. Kaasu on käytössä osassa järjestelmän omia ajoneuvoja sekä valittujen kumppanien kuorma-autoissa. Kaasun osalta käyttö on painottunut nesteytetyn biokaasun (LBG) hyödyntämiseen. LBG:n katsotaan soveltuvan parhaiten pitkän matkan ajosuoritteisiin, ja sen vuoksi on käytössä nimenomaan terminaalien välisessä runkoliikenteessä sekä täysien kuormien suorajakeluliikenteessä.

Sähköiset rahtipyörät kaupunkien keskustajakelussa ovat olleet useamman vuoden kesäajan kokeiluna Pääkaupunkiseudulla ja Turun keskusta-alueella. Rahtitila sähköavusteisen polkupyörän takaosassa on noin kuution kokoinen kontti, joka mahdollistaa pakettien toimituksen tiheillä keskusta-alueilla ketterästi. Oheisessa kuviossa on yksi esimerkki kaupunkijakeluun suunnitellusta ratkaisusta.



Kuvio 8. Kuva rahtipyörästä kuormatilalla (New Atlas 2022)

Sähköiset jakelukuorma-autot sekä pakettiautot kuuluvat keinovalikoimaan yrityksen käytössä olevista ratkaisuksista jo tänä päivänä. Vuonna 2018 käyttöön on otettu ensimmäiset kevytkuorma-autot testikäyttöön. Kyseiset ajoneuvot sijoitettiin ensisijaisesti kaupunkien keskustajakelussa lyhyen kilometrisuoritteiden tarpeisiin. Täyssähköisistä ajoneuvoista ensimmäisten laitteiden kokemukset, varsinkin pakettiautoluokassa, on havaittu olevan käytettävyyden osalta toimivia. Vuonna 2022 käyttöön on otettu ensimmäiset yli 16 tonniset täyssähköiset kuorma-autot. Ensimmäisten kausien perusteella ajoneuvo sekä tekniikka ovat toimineet suunniteltuun kuljetustehtävään erinomaisesti.

Osana yrityksen strategiaa energian käytön tehostamiseksi on ollut käytössä Suomen liikenteeseen toteutetun mittauudistuksen myötä isommat ajoneuvoyhdistelmät, jotka mahdollistavat suuremmat kuormat ja sitä kautta tehokkuuden kasvattamisen suhteessa käytettyyn energiaan. HCT-yhdistelmillä on pystytty vuositasolla pienentämään päästöjä merkittävästi.

Kuljetusjärjestelmän hiilineutraaliustoimenpiteisiin voidaan laskea myös kiinteistöjen energian säästötoimenpiteet. Aurinkosähkön hyödyntäminen kiinteistöjen katolta mm. trukkien akkujen lataukseen on ollut useassa terminaalissa jo käytössä.

Hiilineutraaliuden määritelmässä kuljetusjärjestelmä haluaa toimia kokonaisvaltaisesti vastuullisena huomioiden myös sosiaalisen vastuun. Arvoketjun vastuullisuuteen liittyy vahvasti innovaatiot sekä taloudellisesti kestävä kehittäminen.

Innovointi ja potentiaaliset keinot

Ensimmäiset täyssähköiset kaupunkijakelun kuorma-autot ja rahtipyörät ovat kuljetusjärjestelmän esimerkkejä sen halusta toimia alan suunnan näyttäjänä sekä esimerkkinä muille toimijoille. Tämän hetken siirtymää kohti hiilineutraalia tuotantoa leimaa vahvasti halu ottaa markkinoilta hyöty uusien teknologioiden käytöstä, mutta myös saada imagoetua asiakkaiden kiinnostuksen lisäämiseksi. Tutkimuksen vastauksissa nousi vahvasti esiin innovointi sekä testaaminen. Uusien teknologioiden kokeilun halukkuus on kulttuurissa vahvaa, ja osoittaa halua olla mukana kehityksessä, mutta myös järjestelmän halua olla energiamurroksen mahdollisia tulevaisuudenhyötyjiä. Yhteistyö erilaisten startup-yritysten kanssa sekä nykyisten toimittajien kanssa tehtävä kansainvälinen

testaus on osoitus innovoinnista. Esimerkkeinä perävaunun valmistaja Kronen kanssa testissä oleva Ecotrailer-hanke, jossa perävaunun yksi akseleista on sähkömoottoriavusteinen auttaen esim. ylämäessä. Kokeilu on osoittanut selviä säästöjä polttoaineen kulutuksessa. Testaus droneja valmistavan yrityksen kanssa, jossa rahtilähetysten toimituksia voidaan kuljettaa ilmaitse, oli sitten kyse paketeista tai suuremmista lavoista, on myös esimerkki halukkuudesta kokeilla uusia ratkaisuja.

Kuljetusjärjestelmä on mukana täysin uuden kuorma-autoja valmistavan startup-yrityksen hankkeessa. Ruotsalaiselta Volta Zero -merkkiseltä uudelta täysin sähköisiä kuorma-autoja valmistavalta yritykseltä on Eurooppaan ja Suomeen tilattu satoja ajoneuvoja. Näiden lisäksi yritys on mukana kahdessa vetyprojektissa, joissa testataan vetykuorma-autoa todellisessa kuljetustehtävässä. Havaintona nostettiin myös mahdolliset synteettiset polttoaineet hiilineutraalina vaihtoehtona, mikäli valmistuksessa saadaan tulevana vuosina läpimurtoja. Myös vedyn hyödyntäminen laajemmin odottaa kehitysaskelaita, ennen kuin sitä on mahdollista hyödyntää kestävässä energianlähteenä. Tällä hetkellä vedyn tuottaminen vaatii valtavan energiamäärän.

Edellä mainittujen teknisten ratkaisujen lisäksi kuljetusten optimointi nähdään potentiaalisena keinona saada päästövähennyksiä vuoden 2030 välitavoitteeseen. Tämän hetken kuljetusten suunnittelussa sekä toteutuksessa tunnustetaan paljon tehostamisen varaa. Asiakkaiden tilaus- ja toimitusrytmit ovat nopeampoisia, eikä ekologisinta tehokkainta ratkaisua esim. kuormatilan tai reitityksen hyödyntämisessä ole mahdollista toteuttaa edes digitaalisten välineiden kautta. Kysymys onkin voiko tähän tulevaisuudessa tulla muutosta, mikäli asiakkaat antavat esim. enemmän aikaa kuljetusten toteutukselle? Digitalisaation osalta kuormansuunnittelun odotetaan edelleen parantavan kuljetusten tehokkuutta, mutta koulutus tulee olemaan kuljetussuunnittelijoille tulevaisuudessakin tärkeä menetelmä energian käytön minimoimisessa.

Haastattelujen vastauksissa tuli esille viestinnän tarve koulutuksen lisäksi. Kommunikointia asiakkaiden, mutta myös oman organisaation välillä, ilmastotavoitteista sekä mahdollisuuksista vaikuttaa, nähtiin tärkeäksi toimenpiteeksi osana hiilineutraaliuden tavoittelua. Esiin tuli myös mahdollisuutena päästöjen vähentämisen näkökulmasta nyt totuttujen ajoneuvojen ominaisuuksien karsiminen. Esimerkkinä erilaisten vierintävastusominaisuuksien hyödyntäminen renkaissa vaihtamalla sulalle kelille energiatehokkaammat renkaat. Tai kuormatilojen lämmittämiseen tarvittavan

energian pienentäminen yksikertaisesti laskemalla lämminvaunukuljetuksen lämpötilaa + 20 asteesta esim. + 5 asteeseen, mikä riittää palvelulupauksen täyttämiseen.

8.2 Teema 2: sähkön soveltuvuus käyttövoimana

Haastattelujen perusteella nousi vahva yhtenäinen näkemys, että sähkö soveltuu hyvin suurimpaan osaan jakelukuljetusten toteutukseen kaupunkien keskusta- sekä lähialueen jakeluissa. Tyypillisesti päivän yhteiskilometrit ovat 80–120 km. Ajoneuvovalmistajien ilmoittamien teknisten ominaisuuksien sekä kuljetusjärjestelmän oman testauksen perusteella tekniikka toimii ja on ominaisuuksiltaan soveltuvaa. Akkujen antama toimintasäde riittää hyvin päivän tarpeisiin. Jakeluliikenteessä kaluston käyttöaste mahdollistaa akkujen latauksen varsin hyvin yön aikana terminaalin pihassa. Tämän päivän 22 kW teholla tehtävä lataus on tyypillisesti 9–11 tuntia jakoauton käyttöasteen ollessa noin 10 tuntia, eli latausaika ei tuota ongelmaa suurimpaan osaan reiteistä. Tämän lisäksi järjestelmä on ottanut uusimmissa kiinteistöissä käyttöönsä 150 kW teholla toimivia latausreiteja, jotka mahdollistavat tarvittaessa nopeamman latauksen akustolle. Tehokkaat latausjärjestelmät mahdollistavat tarvittaessa nopeampaa välilatausta päivän aikana esimerkiksi lastauksen ja purun aikana terminaalin laiturissa.

Suomen sähköverkon näkökulmasta sähköä on hyvin saatavilla. Tutkimuksen havaintojen perusteella sähkö koetaan jopa itsestäänselvydeksi. Sähkön saatavuuteen on totuttu, eikä sen riittävydessä tai saatavuudessa ole ollut ongelmia. Ukrainan sodan aiheuttama uhka energian riittävydestä aiheutti huolta vuonna 2022 pitkästä ajasta energian saatavuuden osalta. Alkuvuoteen 2023 mennessä sodan uhkakuvat eivät realisoituneet ja näyttää vahvasti siltä, että Suomi ja Eurooppa pääsevät yli Venäjän riippuvuussuhteesta.

Valmistajien sekä kuljetusjärjestelmän kokemuksen mukaan sähkökuorma-autojen tekninen luotettavuus on viimeisten vuosien aikana kehittynyt hyvin. Ensimmäisten testissä olleiden kevytkuorma-autojen tekniset ongelmat eivät enää ole aiheuttaneet ongelmia käytössä. Tulevaisuuden näkökulmasta sähkökuorma-autojen uskotaan olevan paras menetelmä hiilineutraalin kuljetuspalvelun suorittamiseen varsinkin, kun mitataan suoraa välittömiä päästöjä ajoneuvosta. Akkujen lataukseen käytetyn energian tuottamiseen tuuli- ja aurinkoenergian käyttäminen pienentävät entistään päästöjen kokonaiskuormitusta.

Sähkötekniikan hyödyntämisen haasteet

Otettaessa käyttöön uusia tekniikoita ja samalla testaukseen käytetyt satsaukset pitävät sisällään paljon riskejä. Teknisen kehityksen nopeus nousi useimmissa haastatteluissa yhdeksi epävarmuustekijäksi. Ensimmäiset sähkökuorma-autot ovat vielä alle viisi vuotta vanhoja, mutta niiden tekninen kyky jää merkittävästi tämän hetken ajoneuvojen vastaavasta. Tyypillisesti kaluston investoinnit tehdään useammaksi vuodeksi, ja perinteisen tekniikan jäännösarvot on pystytty arvioimaan suhteellisen tarkoiksi. Nyt kehityksen nopeus ”vanhentaa” tämän hetken laitteet nopeasti, mikä kasvattaa yritysten riskiä pääoman arvon osalta.

Haastatteluissa esiin nousi suuntaa antavat hankintakustannukset sähkökuorma-autolle suhteessa perinteiseen polttomoottoriautoon. Kuljetusjärjestelmän kokemuksen mukaan ajoneuvon hankintahinta on sähköisenä noin 2–3 kertainen perinteiseen polttomoottoritekniikkaan verrattuna. Samaan tulokseen päästiin kohdeyrityksen tarjouskilpailutuksen yhteydessä. Kyseisessä selvityksessä asiakas ei ollut kuitenkaan valmis valitsemaan sähkökuorma-autoa ko. ajotehtävään. Hankintahinnan lisäksi esteeksi nousi ajotehtävän luonne, jossa kuorma-autolla tehtiin 70 km siirtymä operointialueelle. Vaikka päivän kokonaissuorite jäi alle 200 km, ei työtä voinut suorittaa ilman välilatausta tuon moottoriesiirtymän kuluttaman energian takia. Taajama-ajossa auton on mahdollista hyödyntää ottaa talteen jarrutusenergiaa eli tavallaan ladata akkua. Moottoriteajossa jarrutuksia tehdään vähemmän, joten silloin ei saada kerättyä akustoon lisäenergiaa. Uuden tekniikan käyttöönotto vaatii huomattavaa kykyä ottaa sekä kantaa taloudellista riskiä, mutta myös erittäin tarkkaa ja huolellista suunnittelua.

Kuten edellä mainittiin, sähköön riittävyyden uskotaan Suomen osalta olevan hyvällä tasolla ja kestävän arvioitujen sähköajoneuvojen määrän kasvun. Lähimenneisyydessä sähköön hyödyntämisessä keskusteluja on leimannut akkujen antaman energian riittävyys. Edellä on useampaan kertaan todettu, että isoon osaan jakelusuoritetta akut eivät ole varsinainen ongelma. Tutkimuksessa suurin ajoneuvon hankintahintaakin merkittävämpi pullonkaula sähkölle hyödyntämiselle on saatavilla oleva latausmahdollisuuksien määrä. Latausinfraan tiheys, julkisen verkoston puute ja investointikustannukset lataustekniikkaan koetaan haastattelujen perusteella suurimmaksi esteeksi matkalla hiilineutraaliuden tavoitteisiin.

Kiinteistöihin tai piha-alueille sijoitettavien latauslaitteiden hankintahinnat ovat tässä vaiheessa tuhansista euroista kymmeneen tuhansiin. Itse latauslaitteiden lisäksi tarvittavan infran rakentaminen, huomioiden riittävän verkkovirran saatavuuden järjestäminen sähköverkosta, voi vaati nykyisten liittyminen vahvistamista sekä esim. uusia muuntajia. Sähköliittymän vahvistaminen voi vaatia uudelleen kaapelointia ja lupa-anomuksia esim. maankäyttöön, ennen kuin on mahdollista rakentaa latausinfra halutulle kiinteistölle tai tontille. Laajentumisen ja yleistymisen näkökulmasta vanhojen kohteiden modifiointi latausenergian tarpeisiin on kallis investointi. Kuljetusjärjestelmässä toteutetaan parasta aikaa selvitystyötä, mitä kohteiden sähköistyksen osalta on tehtävä sekä millaiset kustannukset muutoksista olisi budjetoitava.

Latausinfra kokonaiskustannusten taso on yllättänyt niin kuljetusjärjestelmän kuin asiakkaidenkin edustajat. Alkuinvestointien suuruuden lisäksi latausinfraan liittyikin paljon kysymyksiä sekä epävarmuuksia tulevaisuudelle. Fossiilisten polttoaineiden saatavuus esim. reitin varrelta on tänä päivänä erityisen hyvä, ja verratessa tankkaukseen käytettyä aikaa ei akun lataaminen ole yhtä ketterää tai nopeaa. Vaikka jakeluliikenteessä akku riittäisikin usealla reitillä, niin pidemmällä jakoreiteillä, esim. harvaan asutuilla alueilla, tullaan tulevaisuudessa tarvitsemaan välilatauksia, mikäli sähköllä halutaan toteuttaa päästötöntä liikennettä.

8.3 Teema 3: Miten kuljetuskumppani osaksi sähköistä jakelutuotantoa?

Haastattelujen perusteella ilmeni vahva kannatus sähkön hyödyntämiselle kohdeyrityksen mukaisessa liiketoiminnassa. Tämän hetken investointikustannukset niin kalustossa kuin latausmahdollisuuksissa nähdään suurimpana haasteena. Investoinneista ja riskeistä huolimatta kumppanit nähdään tarpeellisena pitää mukana kehityksessä. Kunnianhimoisten tavoitteiden katsotaan osaltaan lisäävän riskiä niin että kumppanit päättävät luopua yritystoiminnasta kokiessaan mahdottomaksi olla mukana uusien tekniikoiden käyttöönotossa. Kuljetusjärjestelmän näkökulmasta koetaan, että tietoisuuden sekä vuorovaikutuksen lisäämiselle on paljon tarvetta. Vaikka halpoja ratkaisuja ei ole tarjolla, uskotaan että yhteistyöllä sekä tahdolla on mahdollista löytää menetelmiä uusien tekniikoiden käytölle. Tulevaisuudessa hiilineutraalius tai päästötön palvelu nähdään ainoaksi vaihtoehdoksi, eikä markkinalla jää sijaa toimijoille, jotka eivät kykene saavuttamaan nettonollaa. Vaihtoehdot kumppaneille haastattelujen perusteella ovat seuraavia:

- Mahdollisuus olla mukana päämiehen hankinnoissa alkuinvestoinnin pienentämiseksi suurempien hankintavolyymien avulla.
- Päämies tekee investoinnit sekä mahdollistaa kumppanin kaluston rahoituksen esim. leasingilla.
- Uusien ajoneuvovalmistajien tuomiin mahdollisesti edullisempiin kalustohankintoihin mukaan pääsy.
- Päämies vuokraa kuljetuskaluston kumppanille.
- Päämies hankkii kaluston ja kumppani vastaa operatiivisesta toteutuksesta.
- Kuljetuskumppani tekee itse investoinnin, mutta tarvittavan käyttövoiman tarjoaa kuljetusjärjestelmä.
- Kuljetusjärjestelmä tukee ja mahdollistaa huolto- ja korjauspalvelut oman hankintakanavan kautta myös kumppaneille osana kokonaisuutta.

Oheisessa taulukossa yhteenveto tutkimuksen havainnoista suhteessa tutkimuskysymyksiin.

Taulukko 7. Tutkimuksen teemahaastattelujen tulosten yhteenveto

Ilmastonmuutos ja päästövähennykset	Menetelmät	Sähkö	Kumppanin sähköistys
<ul style="list-style-type: none"> • Ilmastotavoitteet • Vastuullisuuden kasvu • Asiakasvaatimus • Asiakasarvo • Päästöraportointi • Päästömittaus • Kustannusvaikutukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Uusiutuvat polttoaineet • Biokaasu • Sähköpyörä • Sähköpakettiauto • Täyssähkökuorma-auto • HCT yhdistelmät • Kiinteistöjen uusiutuvat energiat (aurinko) • Tuotanto-optimointi • Investointi uusiin • Koulutus • Viestinä ja kommunikointi • Innovointi • Testaus ja kokeilu esim. Ecotrailer 	<ul style="list-style-type: none"> • Soveltuu jakeluun • Lataus yön aikana • Sähköä riittää • Auton tekninen luotettavuus hyvä • Tekninen kehitysvauhti - riski • Investointikustannus • Latausinfra kehitys 	<ul style="list-style-type: none"> • Päämiehen hankintavolyymit • Päämiehen osallistuminen rahoitusriskiin • Mukaan uusien valmistajien kalustohankintoihin • Päämies vuokraa kumppanille kaluston • Kumppani operoi päämiehen kalustoa • Päämies tarjoaa käyttövoiman (sähkön) • Päämies mahdollistaa jälkimarkkinoinnin yhteishankintana

8.4 Vaihe 2. Maahantuojat

Sähkökuorma-autot

Kohdeyrityksen suunniteltuun tarpeeseen haastattelun perusteella sähkö soveltuu erinomaisen hyvin käyttövoimaksi. Auton ja akuston valinta edellyttää ajotehtävien huolellista simulointia sekä suunnittelua. Riippuen esim. latausmahdollisuuksista auto voidaan varustaa pienemmällä akkukapasiteetilla, jolloin voidaan varmistaa tarkoituksenmukaisin kalusto eikä investointikustannusta kasvateta ylimitoituksella. Valmistajat uskovat suunnitellussa kokoluokassa kappalemäärien kehittyvän jopa kymmeniä prosentteja vuodessa. Myös muihin käyttövoimiin kuten biokaasuun satsataan edelleen, vaikka Keski-Euroopassa sen painoarvo sodan myötä on pienentynyt kaasun hinnan seurauksena. Linja-autoliikenteen osalta sähköistyminen on ollut nopeaa. Tänä päivänä puhutaan jo kaksi kolmasosaa käyttöön otettavista autoista olevan sähköisiä. Linja-autojen käyttöönottoa on edistänyt vahvasti julkiset hankintaehdot, sekä latausmahdollisuuden järjestäminen varikkojen yhteyteen on ollut yleisesti helpompaa. Linja-autopuolella markkinalle on tullut paljon uusia valmistajia esim. Kiinasta, mikä on kiihdyttänyt muutosta. Kuorma-autopuolella perinteiset merkit uskovat kuitenkin etulyöntiasemaan jälkimarkkinoinnin näkökulmasta. Uusille toimijoille tulee haasteeksi järjestää ja organisoida esim. toimiva huoltoverkosto. Maahantuontien näkemys on, että autojen hankintatukia tarvitaan vielä tuleville vuosille, jotta autokantaa saadaan kasvatettua.

Akut ja lataus

Tällä hetkellä akkuja kehitetään ja valmistetaan pitkälti omina hankkeina jokaisen auton valmistajan toimesta. Akkuteknologiaan satsaamisessa nähdään mahdollistaa kilpailuhyötyjä sekä etuja. Akkujen ympärille uskotaan tulevaisuudessa muodostuvan uutta liiketoimintaa mm. huoltojen ja uudelleenkäytön näkökulmasta. Akkujen osalta ei uskota vaihtoakkujen yleistymiseen. Latausinfra toteutus on vielä hyvin paljon alkuvaiheessa. Hankintatukia tarvitaan vielä tuleville vuosille, jotta autokantaa saadaan kasvatettua. Latausinfra osalta Suomessa ollaan vielä alkutaipaleella. Ensimmäinen julkinen latausasema Tampereelle -tiedote julkaistiin viikolla 22.4.2023. (Kauppalehti 2023.) Julkisen latausinfra puute jarruttaa ammattiliikenteen sähköistymistä vielä tässä vaiheessa. Kyseessä voidaan sanoa olevan munakanailmiö. Ilman latausinfraa ei automäärä kasva eikä ilman autoja markkinaehtoinen julkinen lataus kehity. Maahantuojien mielestä julkisen latauksen tulevaisuus on kuitenkin hyvä. Määrällisesti ollaan vielä alussa, mutta suunta on selvä ja

yleistyminen tulee tapahtumaan nopeasti. Myös latauksen osalta on tärkeää, että julkista tukea on saatavilla.

Yhteenvedona maahantuontien näkemyksestä voidaan todeta, että sähkö käyttövoimana yleistyy nopeaa tahtia ja tekniikka on varsin kypsää. Akkuteknologia kehittyy nopeasti autojen rinnalla. Latauksen osalta nähdään julkisen latausverkoston tarve merkittävänä, mutta samaan aikaan uskotaan sen voimakkaaseen yleistymiseen.

9 Johtopäätökset

Hiilineutraalius ja ilmastotavoitteet

Fossiilisten polttoaineiden merkitys tämän päivän nyt jo laajasti tunnustetulle ilmastonlämpenemiselle nousee hyvin esiin tutkimuksen tietoperustan pohjalta. Toisaalta vaikka aihe oli tunnistettu jo 1960 luvulla, se sujuvasti sivuutettiin vuosikymmeniksi teollistumisen ja talouden kasvun tavoittelussa (Koskinen 2021, 10). Jos jääkauden jälkeen 1,5 asteen lämpötilan nousu kesti noin tuhat vuotta, ja 1900 luvun alusta vuoteen 2010 maapallon lämpötila nousi 1,2 astetta, niin on ilmiöön ollut syytä herätä. (Vuorinen 2020, 13.)

Poliittisten valintojen ja sitoumusten merkitys onkin ollut ratkaisevaa lähdettäessä liikkeelle ilmastomuutoksen torjunnassa. Tietoperustassa esitellyt valtioiden väliset ilmastosopimukset ja määritellyt ilmastotavoitteet ovat olleet muutoksen käynnistäjiä, joskin aikaa ehti kulua ennen kuin nykyiset sopimukset saatiin aikaiseksi. Pariisin ilmastosopimuksen hyväksyminen on ollut merkittävin tekijä lainsäädännön kehittämisessä kohti tulevaisuuden elinolojen varmistamista. Sopimuksen pohjalta niin kansallista kuin EU:n lainsäädäntöä on muutettu vastaamaan asetettuja tavoitteita. Suomen osalta koko yhteiskuntaa koskevat tavoitteet on kirjattu hallitusohjelmaan. Liikenteen osalta tavoitteet on sisällytetty Hiilineutraalin tiekartan -ohjelmaan. Voidaankin todeta, että tavoitteet nousevat erittäin vahvasti poliittisista päätöksistä, mutta taustalla on samaan aikaan ihmisten tietoisuuden kasvu. Ihmisten halu valita ja tehdä ratkaisuja erilaisista lähtökohdista ohjaa sekä pakottaa yrityksiä muuttamaan omia toimintojaan.

Tietopohjan perusteella ilmastotavoitteet on nostettu korkealle lyhyellä aikaa, mikä on saanut aikaan eräänlaisen kilpajuoksun niin tekniikan kehityksessä, kuin asiakkaille ratkaisujen tarjoamisessa. Nopea muutos ja kehitys, sekä mittauksen yhteisten käytänteiden puute, tekevät kuitenkin hiilineutraalien ratkaisujen todentamisen paikoin vaikeaksi tunnistaa. Ja varsinkin hiilineutraalin valinnan vertailu voi olla vaikeaa, mikä tuli useammassa haastattelussa esiin. Tämä voi tarkoittaa, että asiakas tavoitellessaan vähäpäästöisempää tuotetta tai palvelua ei sitä välttämättä saa. Päästölaskenta on usein ratkaistu yrityskohtaisesti ilman vakiintuneita malleja eli yleisesti ja yhteisesti sovituille standardeille nähdään tarvetta.

Päästöjen vähentäminen edellyttää uusien tekniikoiden sekä keinojen hyödyntämistä, mutta ennen kaikkea yleisen ymmärryksen kasvattamista. Mikäli lämpötilan nousua ei saada pysäytettyä, on ihmiskunnan tulevaisuus vaakalaudalla kuten Aaltonen (2019) toteaa. Sama laajemman ja kokonaisvaltaisen ymmärryksen tarve tuli esille myös haastatteluissa. Kuljetusjärjestelmän omaa organisaatiota nähtiin tarpeelliseksi perehdyttää tavoitteista, ja kasvattaa ymmärrystä miksi halutaan eroon fossiilisista polttoaineista.

Tietoperustassa nostettujen kansallisten tai kansainvälisten tavoitteiden sekä kuljetusjärjestelmien tavoitteiden voi katsoa olevan hyvin synkronisia keskenään. Haastattelujen perusteella liikenteen toimijat sekä ajoneuvojen valmistajat ovat ottaneet tulevaisuuden strategiaan keskeiseksi tavoitteeksi fossiilisista polttoaineista luopumisen. Auton valmistajien osalta EU:n lainsäädäntö tähän myös pakottaakin. Voidaan siis todeta, että ilmastotavoitteet on ainakin hyvin tunnistettu.

Matkalla hiilineutraaliuteen kuljetusjärjestelmän tämän päivän tekemisessä löytyy paljon keinoja ja toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi, oli se sitten kuormatilojen optimointia tai energian käytön pienentämistä, eli omissa käsissä olevia menetelmiä. Haastatteluissa tuli ilmi, että välitavoitteiden näkökulmasta kuljetusjärjestelmä on jopa tavoitteita edellä (vuonna 2030 50 % tiputus vuoden 2021 tasosta). Lopullisten hiilineutraaliuden maali on vuonna 2040. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi ei ole vielä varmaa lopullista menetelmäpalettia valmiina. Tällä hetkellä nähdään teknisen kehityksen olevan valtavan nopeaa. Kaikissa kehityshankkeissa ei tiedetä milloin mahdollinen läpimurto tullaan saavuttamaan. Yleistyksen voidaan todeta, että yksityiskohtaisen toimenpiteiden määrittäminen ja lukitseminen varmuudella on mahdotonta tässä hetkessä.

Tekniset ratkaisut ja asiakkaat

Tutkimuksen materiaalista nousseiden havaintojen perusteella hiilineutraaliuden tavoitteluun on kuljetuspalveluiden osalta paljon valmiita teknisiä ratkaisuja, mutta myös paljon kehityksessä olevia, mitkä odottavat mahdollista läpimurtoa. Sähköstä saadaan käyttövoimana jakelukuorma-autoihin toimiva ratkaisu hyvällä ennakkosuunnittelulla kuljetustarpeen edellytykset huomioiden. Haastattelujen perusteella investointikustannukset tekevät sähkön hyödyntämisen taloudellisesti raskaaksi tässä hetkessä. Kuljetus- ja logistiikkapalvelut ovat markkinalähtöisiä, joten liiketoiminnan tulee olla taloudellisesti kannattavaa myös sähkön käytöllä. Ilmastotietoisuus on kasvanut, ja tavoittanut markkinat sekä kuluttajat. Haastateltavien kokemus on kuitenkin, että markkina ei ole vielä täysin valmis maksamaan ekologisesti kestävä ja parhaan vaihtoehdon kaikkia kustannuksia tällä hetkellä. Yritykset sekä kuljetuspalveluiden tuottajat painivat omien arvojensa sekä taloudellisten vaihtoehtojen ristitulesa. Teemahaastatteluissa tuli vahvasti esiin asiakkaiden tahto kestäväälle vaihtoehdolle, mutta kustannusvaikutukset yllättävät realisoituessaan euroiksi, mikä vaikeuttaa selvästi päätöksentekoa.

Kustannustulevaisuus

Yleinen tahtotila sekä paine saada fossiiliset polttoaineet korvattua kasvaa kiihtyvällä vauhdilla. Edistäjänä tavoitteiden saavuttamiseksi ovat kansalliset tukitoimet sekä järjestelyt. Valtioiden ja myös EU:n tavoitteellinen politiikka tulee ohjaamaan ajoneuvojen valmistusta vähäpäästöisiin lähitulevaisuudessa. Kahden seuraavan vuoden aikana massatuotannon voima ajoneuvotekniikoiden hinnassa tulee realisoitumaan kaikille toimijoille. (Transport & Environment, 2022.) Todellisuudessa sähköajoneuvojen rakentaminen ei maksa niin paljon, kuin mitä hinnat tällä hetkellä ovat. Valmistusmäärät ovat vielä niin pieniä, että ne sisältävät valtavan määrän tuotekehityskustannusta yhtä yksikkö kohden. Sama koskee myös akkujen hintakehitystä tulevaisuudessa. Mielenkiintoinen ilmiö ajoneuvojen valmistajien näkökulmasta tulee olemaan uudet mahdolliset ajoneuvotoimittajat markkinoilla. Esimerkkinä tästä Schenkerin (2022) tekemä tilaus Volta kuorma-autoista Euroopasta. Uusien toimittajien uskotaan omalta osaltaan edistävän sähköautokannan kasvua ja samalla vaikuttavan hintojen laskuun.

Yhtenä merkittävimpänä havaintona tutkimuksen tuloksista voidaan pitää latausinfra ja -verkon tilannetta suhteessa ajoneuvojen tekniseen kehitykseen sekä valmiuksiin. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin sähköisen kuorma-auton hyödyntämiseen lähijakelussa. Tutkijan havainnot käytännössä, tekniset vertailut eri automerkkien välillä, kuljetusjärjestelmän oma testaus sekä käyttökokemus osoittavat sähkökuorma-auton soveltuvan erinomaisesti jakelusuoritteeseen. Samaa johtopäätöstä tukee myös ajoneuvojen valmistajien näkemykset. Tässä vaiheessa kuitenkin, mikäli auton hankintakustannusta ei otettaisi huomioon, ei jakeluliikennettä pystyttäisi sähköistämään. Julkisen ja varsinkin raskaalle liikenteelle tarkoitettujen latausmahdollisuuksien rakentaminen on vielä alkutekijöissä. Esimerkkinä ensimmäinen julkistettu hanke on Tampereelle 2023. Hallitusohjelmaan on kirjattu EU:n asetus julkisesta latausinfrastruktuurista, mutta konkreettisesti sen toteutuminen on, kuten todettu, alkuvaiheessa. Jakeluliikenteessä sähköä hyödyntäminen vaatii edelleen ajoneuvojen hankintatukia, kunnes valmistusmäärät ovat riittäviä kompensoidakseen erotusta kuljetusten markkinatasoon nähden. Hallitusohjelman mukaan latausinfra tulee kehittyä markkinalähtöisesti, mutta alkuvaiheessa pieni autokanta ei edesauta markkinoiden imua latausverkon laajentamiselle, eli tässäkin suhteessa valtiolla on rooli tukien ja kannusteiden avulla.

Kuljetusyrityksen mahdollisuudet toimia kuljetusjärjestelmän hiilineutraalina kumppanina on paljon riippuvainen lähitulevaisuuden kehityksestä sekä kuljetusjärjestelmien tarjoamista vaihtoehdoista. Vastuu tulevaisuudesta sekä elinolojen varmistamisesta kuuluu kaikille, mutta murroksen alkuvaiheessa avaimet ovat isojen toimijoiden käsissä riippumatta toimialasta. Uudet ratkaisut ja yhteistyökuviot investointien toteutukseen ovat tarpeen. Pk-yrityksen kannattaakin olla mukana kuljetusjärjestelmän mahdollisesti tarjoamissa vaihtoehdoissa oman kokemuksen sekä ymmärryksen lisäämiseksi. Varsin todennäköistä on, että erilaisia läpimurtoja tulee lähivuosina tapahtumaan, ja valmius tarttua uusiin vaihtoehtoihin on parempi, jos kehityksen vaiheissa on ollut alusta alkaen mukana.

10 Pohdinta

Tavoitteet ja tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa miten kohdeyrityksen isoimmat asiakkaat, valtakunnalliset kuljetusjärjestelmät, tavoittelevat omissa ohjelmissaan liikenteen hiilineutraaliutta. Työ rajat-

tiin kohdeyrityksen ydinliiketoiminnan mukaisesti koskemaan jakeluliikenteen toteuttamista sähköllä. Lähtötilanteessa tutkimuksessa päädyttiin tapaustutkimuksen menetelmään, koska kyseessä olevan kuljetusyrityksen pitää pystyä tulevaisuudessa ratkaisemaan oma asema palveluntarjoajana hiilineutraalisti. Yleisesti ottaen tutkimuksen voidaan katsoa olevan hyvin ajankohtainen peilaten käytävään keskusteluun ilmastonmuutoksen torjunnasta, ilmastotavoitteista sekä siirtymisestä pois fossiilisista polttoaineista. Tavoitteet ja odotukset ovat korkealla, mutta muutokseen ja vaihtoehtoihin energiamuotoihin siirtymisessä on paljon kysymyksiä sekä epävarmuuksia.

Työlle oli asetettu tavoitteelliset tutkimuskysymykset. Tutkimuksen tavoitteiden osalta saavutukset toteutuivat kohtuullisesti. Tutkimusosuudessa haastattelut jäivät alkuperäisestä tavoitteesta laajuuden osalta vajaaksi. Tutkimuksen tärkein osuus oli teemahaastattelut kuljetusjärjestelmän eri edustajilta. Toisen järjestelmän kontaktihenkilö ei suunnitellussa ajassa palannut haastateltavien henkilöiden nimeämisen osalta, joten teemahaastattelut tältä osin jäivät puuttumaan. Alkuperäinen suunnitelma haastateltavien osalta olisi tuonut havaintomateriaaliin lisää ainestoa. Toisaalta kohteena olleen ryhmän edustajien haastattelut saturoituivat suhteellisen nopeasti, mikä ehkä osaltaan vielä heikensi tutkimuksen arvoa.

Pyrittäessä eroon fossiilisten polttoaineiden käytöstä on selvästi tällä hetkellä esillä kovat tavoitteet, jotka johtuvat pitkälti valtioiden sopimista tavoitteista. Tavoitteet ja päästöjen vähennyksiin tähtäävät toimenpiteet nostetaan yrityksissä näkyvästi esille markkinoinnissa. Enemmän tai vähemmän yritetään ja halutaan korostaa jokaisen toimijan omia keinoja, sekä erottautua vastuullisena ilmastotoimijana. Jokaisesta uudesta rekisteröidystä sähköautosta tai teknisestä innovaatiosta luodaan vahvaa mainos- sekä markkinamateriaalia.

Mittaamisten ja päästötulosten osalta pelikenttä vaikuttaa olevan jossain määrin vapaata omille tulkinnoille. Luotettavuuden parantamiseksi on selvästi tarvetta ulkopuolisille puolueettomille toimijoille, sekä yhteisille standardeille päästöjen todentamisessa.

Teoriapohjasta esiin nousseet ilmastotavoitteet kansainvälisistä sekä kansallisista tavoitteista ovat jalkautuneet laajasti kaikille toimialoille. Liikenne suurena päästöjen aiheuttajana on omaksunut tavoitteet samassa linjassa. Useimmissa tavoiteohjelmissa vuosiluku on noin 2030, jolloin päästö-

jen puolittaminen on yleinen tavoite. Kuten haastatteluissa tuli, ilmi löytyy tämän päivän tekemisestä vielä paljon potentiaalisia keinoja saavuttaa päästövähennyksiä esimerkiksi kokonaispäästöjen puolittamiseksi. Toisaalta taas tavoitteen ollessa täydellinen hiilineutraalius, on selvästi tavoitteen toteutukseen varsin paljon kysymyksiä sekä epävarmuuksia. Tästä voidaan pitää esimerkkinä valtioneuvoston hiilineutraalin tiekartan ohjelmaa. Lopullista polkua tavoitteeseen ei voida määrittellä täydellisesti. Toimenpiteiden moninaisuus nähdään tällä hetkellä tärkeänä, mutta samalla lasketaan paljon kehityksen ja innovoinnin varaan hiilineutraaliuden tavoittelussa. Hyvänä esimerkkinä tästä voidaan pitää isot odotukset vedyn kannattavalle hyödyntämiselle, sekä kehitystyön kohteena olevien sähköpolttoaineiden mahdollisuudet. Näistä jälkimmäisen potentiaali onnistuessaan on yksi suurimmista, koska silloin pystytään hyödyntämään nykyisiä polttomoottoriautoja, kuten nyt tehdään, uusiutuvien käyttövoimien avulla. Lopullisten tavoitteiden saavuttamiseen liittyy toistaiseksi paljon siis uskoa tässä vaiheessa.

Opinnäytetyön tutkimuksen yhtenä kulmana oli selvittää, miten hyvin sähkökuorma-auto soveltuu lyhyen suoritteen päiväjakeluun. Matkan varrella tähän vastaus tuli selkeäksi monesta eri lähteestä. Jo alun perin teoriapohjassa tutkimusten mukaan sähkö tulee olemaan merkittävä jakelu-kuorma-autojen käyttövoiman lähde tulevaisuudessa. Opinnäytetyön tekijän oma ennako-odotus sähkötekniikan valmiudelle ei ollut samalla tasolla, kuin mitä tutkimus tältä osin on osoittanut. Akkuteknologian osalta tehdään paljon tuotekehittelyä eli sielläkin tekniikan saralla odotetaan uusia läpimurtoja. Toisaalta kuten Linja-aho (2022) toteaa niin teknologiakehitystä tekevät kaikki. Kilpajuoksu ja halu erottautua omilla innovaatioilla on yhteenlaskettuna varmasti suuri kokonaissatsumus, mikä näkyy jokaisen tuotteen omina kehityskustannuksina lopputuotteen hinnassa. Mielenkiintoinen olisi ajatus vaihdettavista akuista kuorma-autoissa. Akkuja vaihdetaan tarpeen mukaan monessa kohteessa tänäkin päivänä, esimerkkinä vaikka ajoneuvojen käynnistysakut.

Teemahaastattelujen varhaisessa vaiheessa tuli selväksi suurimmat pullonkaulat sähkökuorma-autojen hyödyntämisessä. Hankintahinta on yksi este sähköautojen yleistymiselle tällä hetkellä, mutta sen uskotaan lisääntyvien valmistussarjojen sekä uusien toimijoiden mukaan tulon myötä aikanaan laskevan. Varsinkin uudet toimijat voivat muuttaa autotoimittajien kenttää kuten esim. Tesla on tehnyt henkilöautopuolella. Tosin tutkimuksessakin kävi ilmi, että jälkimarkkinoinnin järjestäminen vie aikaa, koska perinteisten automerkkien jälkimarkkinointipalvelut eivät ainakaan aluksi aukea uusille toimijoille.

Teoriapohjassa tuli esille latausverkoston kehittymättömyys, mikä olikin osittainen yllätys. Uskotun ja ennustetun raskaiden sähköajoneuvojen määrän tarvitsema latausinfra tuntuu tutkimukseenkin osallistujien mielestä olevan suurin huolenaihe siirtymisessä pois fossiilisista polttoaineista.

Toimijoille on tullut suurena yllätyksenä latausinfraan toteuttamisen kustannukset. Yleinen ymmärrys on ajoneuvon kalliimpi hinta ja sillä on jonkin asteinen hyväksyntä. Erityisesti jos halutaan sähköistää nykyisiä toimitiloja raskaan liikenteen latausratkaisuilla, on sähkön järjestäminen kallis ja aina tapauskohtainen investointi. Itse latauslaitteiden hinnat ovat vielä korkealla, mutta valmistusmäärien sekä toimittajien lisääntyessä markkinavoimat hoitavat kustannukset oikealle tasolle. Valtioneuvoston suunnitelman mukaisesti tarjolla on tukia, ja latausinfraan kehittymiseen varataan euroja. Valtiolla voisi olla suurempi rooli osana Suomen hiilineutraaliustavoitetta ja samalla toimia malliesimerkkinä muulle maailmalle. Tämä vaihtoehto tuli esille myös kahden haastateltavan huomioina. Valtion yhtiö Gasum rakentaa kaasulle julkista tankkausverkostoa. Miksi tämä ei voisi olla myös sähkölatauksen osalta valtion edistämä, tai jopa tarjoama, hanke alkuvaiheessa? Tulevaisuudessa lataussähkön myynnillä voisi korvata esim. pienenevää polttoaineveron kertymää.

Tutkimuksen kohteena olleen kuljetusliikkeen näkökulmasta mahdollisuudet nopeasti siirtyä täydellisesti sähköön omin voimin ovat suhteellisen pienet puhtaasti taloudellisesta näkökulmasta, eikä vähiten tunnistetun latausinfraan takia. Tiivis yhteistyö asiakkaiden kanssa ja erilaisiin havainnoissa esiteltyihin vaihtoehtoihin mukaan lähteminen on varmasti tarkoituksen mukaista lähitulevaisuudessa. Kokemuksen hankkiminen palvelee hetkeä, jolloin esim. investointi on mahdollista toteuttaa. Toisaalta, jos kuljetusjärjestelmän hankkimaan kalustoon ollaan ”vain” toimittamassa kuljettajapalvelua, niin kyseessä on jo eri liiketoiminta kuin mitä yritys tällä hetkellä tuottaa. Onko siis enää kyseessä kuljetusliiketoimintaa, mikä pitää sisällään riskit? Tutkimus ei kuitenkaan antanut selkeätä vastausta, milloin on syytä, tai pakko, tehdä valinta sähköiseen käyttövoimaan. Innovointi sekä tekninen kehitys toteutuu kovaa vauhtia. Kuten käyttövoimaennusteissa ennustettiin, on vielä 2040 polttomoottoriautoja käytössä nykyisen tiedon valossa. Päästöjen puolittamiseen riittää tutkimuksen mukaan vielä keinoja ja menetelmiä, mutta lopulliset ratkaisut uskotaan olevan teknisten innovaatioiden onnistumisesta kiinni. Kohdeyrityksen tuleekin olla aktiivisesti rakentamassa kuljetusjärjestelmän kanssa mahdollisesti aukeavia yhteishankkeita. Samaan aikaan joka vuosi on seurattava markkinan kehitystä, ja oltava hereillä teknisten valintojen kannattavuudesta.

Eettisyys & luotettavuus

Tutkimuksen toteutuksessa noudatettiin asetelman mukaisia eettisiä periaatteita alusta loppuun asti. Haastattelujen toteutus sujui suunnitellusti ja kaikkien kanssa oli mahdollista luoda hyvä vapautunut tilaisuus kertoa omat näkemykset. Eettisyyteen liittyy erityisesti tietoturvan varmistaminen sekä yksittäisen osallistujan henkilöllisyyden varmistaminen. Haastattelujen tietoja ei ole mahdollista yhdistää analysointivaiheessa yksittäiseen henkilöön. Haastattelujen litterointitiedostot on tallennettu suojatusti tutkijan omiin tiedostoihin kohdeyrityksen tietosuojakäytänteiden mukaisesti, mikä osaltaan pienentää tietoturvariskiä.

Tutkimuksen haastattelut yhtä lukuun ottamatta tallennettiin, jolloin yhden yksittäisen havainnon tarkistaminen oli helppoa. Analysointivaiheessa huomattiin nopeasti, että saman kuljetusjärjestelmän edustajien ottaminen mukaan tutkimukseen antoi vastausten osalta vähän eriäviä näkemyksiä. Analysoitujen vastausten osalta saatiin kuitenkin hyvin tunnistettua keinot, joilla hiilineutraaliutta tavoitellaan. Usealla vastaajalla tuli kuitenkin eri menetelmiä esille, mikä varmasti johtui henkilön roolista ja sen myötä painopisteestä omassa tehtäväkentässään. Tämä varmisti kuitenkin, että menetelmien osalta saatiin hyvin tunnistettua kaikki keinot päästöjen vähennykseen nyt. Samalla saatiin katsaus tämän päivän vaihtoehtoista sekä yleisesti tunnistettavissa olevista tulevaisuuden potentiaaleista.

Vastausten osalta selvisi hyvin näkemys sähkön käytön soveltuvuudesta, sekä sen laajenemisen hidasteista. Havaintojen ja dokumenttianalyysien sekä haastatteluissa tulleiden perusteella opinäytetyön tekijälle muodostui vahva käsitys sähkön tulevaisuudesta. Haastattelujen kohdistuminen yhteen kuljetusjärjestelmään tekee tutkimuksesta suunniteltua suppeamman sekä tulosten osalta kevyen. Tutkimukselle varattu aikataulu olisi pitänyt järjestää pidemmäksi laajemman otannan varmistamiseksi. Haastatteluissa tutkijan kokemattomuus lähteä haastatteluissa ns. uusille poluille keskusteluissa ilmenneissä yksityiskohdissa jäi toteuttamatta ja sitä kautta hyödyntämättä. Tämä tuli esille jälkikäteen tutkijan omana havaintona haastatteluja kuunnellessa. Mukana oli yksittäisiä havaintoja, jotka olisivat voineet uusilla lisäkysymyksillä tuoda ennalta-arvaamatonta materiaalia ja sitä kautta lisätä tutkimuksen arvoa.

Ilmastonmuutoksen torjunnan osalta ei tullut varsinaisesti uusia ratkaisuja liikenteen käyttöön. Selvästi oli tunnistettavissa suuria odotuksia tekniselle kehitykselle hiilineutraaliuden saavuttamiseksi 2030-luvun lopussa, mutta samalla paljon epätietoisuutta, mitkä ovat lopulliset menetelmät päästöttömään liikenteeseen?

Soveltuvuus & jatkokehitys

Työ ei tuonut mukanaan uusia merkittäviä yllätyksiä, ja jäi osin pintapuoliseksi. Teoriaosuus antoi tekijälle hyvän ymmärryksen ilmastonmuutoksen perusteisiin sekä kasvihuoneilmion teorioihin. Sähkön soveltuvuus käyttövoimana jakelukuorma-autoon rajatussa toimintaympäristössä tuli selvästi esille niin tietoperustan, haastattelujen kuin havaintojenkin perusteella. Tämä oli osittain jo ennakkoon tunnistettu.

Kaiken kaikkeaan tutkimusta leimasi hyvin vahvasti käsillä oleva kehityksen nopeus. Autojen ja akkujen kehitys vanhentaa nyt tehtävät investoinnit nopeaa tahtia. Tämä lisää osaltaan riskiä tehdä uuden teknologian investointeja. Jatkon kannalta olisi ehdottoman tärkeää lisätä tietoisuutta latausinfra investointituista. Erilaiset julkisen suurteholatausverkoston hankemallit, joilla yleistymistä voisi edistää, olisi potentiaalinen jatkokehityshanke. Esimerkkinä Tampereen Raitiotieallianssi (2023) missä kaupungin raitiotiehanketta toteutetaan yhteishankkeena usean toimijan kanssa. Mitä nopeammin latausinfra kehittyy, sitä useampi varmasti on valmis siirtymään sähkökäyttövoimaan, kun sen saatavuus on verrattavissa polttomoottoriauton tankkaukseen.

Sähkön yleistyminen käyttövoimana on useaan kertaan todistettu toteutuvan. Samaan aikaan akkujen sekä latauksen osalta tullaan kehittymään tästä hetkestä vielä merkittävästi. Tulevaisuuden osalta jatkotutkimuksena olisi hyödyllistä selvittää millaiset huolto- ja korjaamopalvelut tarvitaan kuorma-autokalustolle jatkossa. Varmaa on, että pelikenttä muuttuu eikä esim. öljynvaihtoja enää tehdä. Miten jälkimarkkinointipalvelujen tarve kehittyy ja olisiko siellä mahdollista erikoistua?

Opinnäytetyö antaa yleisellä tasolla uskottavan näkökulman käynnissä olevalle murrokselle, ja vahvasti sähkön isoa osuutta tulevaisuuden käyttövoimista. Kohdeyrityksen osalta vuosittaisia hankintoja on tehtävä suunnitelmallisesti, ja seurattava kyseisellä hetkellä olevaa markkinatilannetta hintojen sekä tekniikan osalta.

Lähteet

Aaltonen, M., 2019. Huomisen yhteiskunta - olosuhteet hyvinvoinnille. Alma Talent Oy. Viitattu 8.10.2022. <https://janet.finna.fi>, Bisnes kirjasto.

Andesson, A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari, J., Hokkanen, E. 2020. Liikenne ja viestintä ministeriön julkaisuja. Fossiilittoman liikenteen tiekartta työryhmän loppuraportti. Viitattu 8.4. 2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162516/LVM_2020_18.pdf

Autoalan tiedotuskeskus. 2022. Vety liikenteen energianlähteenä. Viitattu 11.12.2022. https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/vety

Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja. 2019. Uutinen Euroopan parlamentin www-sivuilla. Viitattu 8.4.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190313STO31218/autojen-hiilidioksidipaastot-tietoa-jatilastoja>.

A 14.12.2016/76. Valtioneuvoston asetus Pariisin sopimuksen voimaansaattamisesta ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta annetun lain voimaantuloista. Viitattu 19.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2016/20160076>.

DB Schenker kotisivut. 2022.. Tietoa meistä. Kestävä kehitys. Ympäristö. Viitattu 16.10.2022. <https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/kestaevae-kehitys/ympaeristoe>
<https://www.dbschenker.com/global/about/sustainability>
<https://www.dbschenker.com/global/about/press/volodrone-737976>
<https://www.dbschenker.com/global/about/press/db-schenker-announces-a-new-partnership-with-volta-trucks-to-accelerate-the-transition-to-an-all-electric-urban-vehicle-fleet-748580>

Euroopan Parlamentti. 2022. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä. Viitattu 12.12.2022. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>

Euroopan parlamentti 2019. Uutishuone. Viitattu 16.10.2022. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20190412IPR39009/meps-approve-new-co2-emissions-limits-for-trucks>

Ilmasto-opas. Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus 2022. Ilmatieteenlaitos. Viitattu 19.9.2022. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kasvihuoneilmio-ja-ilmakehan-koostumus#ref_ref1.

Isomäki, R. 2008. 34 Tapaa estää maapallon ylikuumeneminen. Jyväskylä: Tammi.

Jääskeläinen, S. 2021. Liikenne- ja viestintäministeriö. Fossiilittoman liikenteen tiekartta. Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. Vahvistettu 6.5.2021. Viitattu 19.9.2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-588-0>.

Jääskeläinen, S., Ojala, T., Simonen, E., Kola, H. 2023. Liikenne- ja viestintäministeriö. Ohjelma tie- liikenteen uusien polttoaineiden jakeluinfraan kehittämiseksi Suomessa vuoteen 2035. Viitattu 7.3.2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164799/LVM_2023_4.pdf

Kauppalehti. 22.4.2023. Artikkel. Suomen ensimmäinen julkinen raskaan liikenteen latausasema Tampereelle. Viitattu 24.4.2023. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomen-ensimmainen-julkinen-sahkoisen-raskaan-liikenteen-latausasema-tampereelle-360-kwn-latausteho/b087bd2b-b3c7-4fb6-8bce-7706daed480d>

Kalenoja H. 2019. Paketti-, kuorma- ja linja-autojen tulevaisuuden käyttövoimat – tiekartta vuoteen 2040. Autoalan tiedotuskeskus 2019. Viitattu 10.12.2022. https://www.aut.fi/files/2009/Hyotyajoneuvojen_kayttovoimat_tiekartta.pdf

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän Ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja. 15.

Koskinen, J. 2021. Hiilijalanjäljillä. 1.p. Otava. Viitattu 3.10.2020. <https://janet.finna.fi>, Elliblibrary.

Koskinen, A. 2021. Uusiutuvat raaka-aineet nestemäisissä polttoaineissa ja niiden analytiikassa. Pro gradututkielma. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 11.12.2022. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ju-202103161986>

Linja-aho, V. 2022. 1.p. Litiumakkuteknikka. Tervakoski: Hansaprint.

Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritalahti, J. 3–4.p. Kehittämistyön menetelmät. Helsinki: Sanoma pro

New Atlas. 2015 The Velove Armadillo hauls cargo like h human-powered tractor trailer. Viitattu 16.4.2023. <https://newatlas.com/velove-armadillo-cargo-cycle/36995/>

Nordic Truck Center. 2022. Päästötön DAF LF Electric kaupunkijakeluauto. Viitattu 11.12.2022. <https://www.nordictruckcenter.com/fi/mynewsdesk/#/pressreleases/paeaestoetoen-daf-lf-electric-kaupunkijakeluauto-3069581>

Nurmi, P.2022. Toimitusjohtaja. Schenker Oy. Puhelinkeskustelu 6.9.2022.

Postin vastuullisuusraportti 2021. Viitattu 7.10.2022. https://www.posti.com/globalassets/corporate-governance/financials/q4_2021/posti_vastuullisuusraportti_2021_final.pdf

Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Osallistava ja osaava Suomi. Viitattu 2.10.2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-808-3>.

Pärssinen, M. 2022. Hallituksen puheenjohtaja. Kuljetuspalvelut.com. Haastattelu syksyllä 2021.

Raitiotieallianssi. 2023. Viitattu 20.4.2023. <https://raitiotieallianssi.fi/>

Scania 2022. Tekniset tiedot- Akut ja lataus. Viitattu 11.12.2022. <https://www.scania.com/fi/fi/home/products/trucks/battery-electric-truck.html>

Sipilä, E., Poikolainen, H., Lilja, A., Rautio, T. & Nylund, N.-O. 2021. Liikenteen jakeluvuorotaso nosto. TEM, LVM & VM. Viitattu 12.9.2022. https://tem.fi/documents/1410877/53440649/AFRY_jakeluvuoro_selvitys_joulukuu2021.pdf

Solway, A. 2009. Climate Change. Applused Editions. Suomenkielinen laitos Perhemediat Oy. Viitattu 13.11.2022.

Suomen Ilmastopaneeli 2019. Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa-valtiot, alueet ja kunnat. Viitattu 30.10.2022. <https://www.ilmastopaneeli.fi/aineistot-ja-raportit/#hiilineutraalius-ilmastopolitiikka-2019>

Tapaninen, U. 1.k. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Otatieto. Viitattu 5.12.2023. <https://janet.fi>, Ellibslibrary.

Traficom 2022. Ympäristö, paketti- ja kuorma-autojen käyttövoimat. Viitattu 6.12.2022. <https://www.liikennefakta.fi/fi/ymparisto/paketti-ja-kuorma-autot/paketti-ja-kuorma-autojen-kayttovoimat>

Traficom 2022. Taustamuistio: Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin nykytila. Viitattu 12.12.2022. https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/57fb367a-320d-4ef9-ba5c-f04df8f60042/3487aba1-3036-4264-9182-c9fc5de74931/MUISTIO_20221013092655.pdf

Transport & Environment 2022. How to buy an electric truck. Viitattu 12.12.2022. <https://www.transportenvironment.org/discover/how-to-buy-an-electric-truck/>

Tynkkynen, O. Moisio, M. 2020. Mitä jokaisen on hyvä tietää Pariisin ilmastosopimuksesta. Kalevi Sorsa säätiö. Impulsseja 7–8. Viitattu 19.9.2022. https://tyrskyconsulting.fi/wp-content/uploads/KSS_MoisioTynkkynen_Pariisi_web.pdf.

Volvo 2022. Kuorma-autot FL ja FE Electric. Viitattu 11.12.2022. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fl/volvo-fl-electric.html>

Vuorinen, A. 2020. Ilmaston lämpenemisen pysäytys kahteen asteeseen. Espoo: Ekoenergo.

Väylävirasto. 2023. Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T. Viitattu 1.4.2023. <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent>

Ympäristöministeriö. 2022. Mitä on kestävä kehitys? Viitattu 8.10.2022. <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>.

Liitteet

Liite 1. Haastatteluteemat

Haastatteluteema	#	Kysymykset
Taustatiedot yrityksen jakelukalustosta ja käyttövoimista	1	Yrityksen/tulosyksikön koko ja toiminta-alue?
	2	Jakeluliikenteen kalustomäärä: yritys/tulosykkö?
	3	Kumppaneiden osuus jakelukalustosta?
	4	Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus jakelukalustosta?
	5	Kumppaneiden osuus vaihtoehtoisissa?
Tavoitteet ja toimenpiteet ilmastonmuutoksen torjumiseksi	6	Mitkä ovat yrityksen ilmastotavoitteet? Onko kirjattu? Miten näkyy käytännössä? Erit. Jakelutuotanto
	7	Mikä on yrityksen ilmastostrategia?
	8	Yrityksen määritelmä hiilineutraalille liikenteelle?
	9	Miten ilmastotavoitteiden toteutumista mitataan?
	10	Nyt käytössä olevat erilaiset vaihtoehtoiset käyttövoimat?
	11	Ketä toimittajia ajoneuvoissa vaihtoehtoisten osalta on käytössä?
Sähkön hyödyntäminen/soveltuvuus jakeluorma-auton käyttövoimana?	12	Mitä vaihtoehtoja on olemassa fossiilivapaan jakeluliikenteen tuottamiselle?
	13	Miten sähköä tullaan hyödyntämään jakeluorma-auton käyttövoimana? Ratkaisut ja vaihtoehdot?
	14	Sähkön hyödyt?
	15	Esteet / haasteet sähkön hyödyntämiselle?
Miten saadaan sähkökäyttövoimaa voidaan edistää?	16	Mitä keinoja jakelukuljetusten sähköistymiselle on tulevaisuudessa kumppanit huomioiden?
	17	Miten sähkötekniikan hyödyntämistä voidaan edistää kuljetusjärjestelmässä?
	18	Miten kuljetusyritys voi olla osana ratkaisua?
	19	Asiakkaiden rooli ja markkinoiden odotukset yritykselle hiilineutraaliuden osalta?
	20	Miten hiilineutraalius valjastetaan myytäväksi asiakasarvoksi?
	21	Miten yritys aikoo erottautua kilpailijoista hiilineutraaliuden tyavoittelussa?
	22	Yhteiskunnan rooli hiilineutraalin liikenteen toteutuksessa?