



Kuljetuskaluston päästölaskelmat ja taloudelliset hyödyt siirryttäessä sähköiseen kalustoon

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Kestävä kehitys, ympäristösuunnittelija (AMK)
Syksy 2024
Jaakko Leimio

Koulutus	Kestävän kehityksen koulutusohjelma	
Tekijä	Jaakko Leimio	Vuosi 2024
Työn nimi	Kuljetuskaluston päästölaskelmat ja taloudelliset hyödyt siirryttäessä sähköiseen kalustoon	
Ohjaaja	Tero Ahvenharju	

Työn päätavoitteena oli selvittää nykyisen kuljetuskaluston päästöt ja kustannukset sekä arvioida sähköiseen kalustoon siirtymisen taloudellisia hyötyjä. Lisäksi tarkasteltiin investointien takaisinmaksuaikaa ja latausinfrastruktuurin sekä lainsäädännön vaikutuksia siirtymiseen. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kuljetus P. Alajoki Oy.

Tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivisia menetelmiä, kuten päästölaskelmia ja kustannusanalyysiä. Nykyisen kaluston päästöt ja kustannukset analysoitiin perusteellisesti ja niitä verrattiin sähköisen kaluston vastaaviin lukuihin. Lisäksi haastateltiin alan asiantuntijoita ja tarkasteltiin ajankohtaista lainsäädäntöä ja teknologian kehitystä.

Tutkimuksen keskeinen sisältö koostui nykyisen kaluston analyysistä, jossa laskettiin päästöt ja kustannukset sekä tarkasteltiin polttoaineenkulutusta. Sähköisen kaluston vertailussa arvioitiin sähköisen kaluston päästöjä ja kustannuksia sekä tarkasteltiin sen etuja ja haasteita. Lisäksi käsiteltiin latausinfrastruktuurin nykytilaa ja kehitystarpeita sekä lainsäädännön vaikutuksia sähköiseen kalustoon siirtymisessä. Taloudellisten hyötyjen ja takaisinmaksuajan osalta vertailtiin investointikustannuksia ja käyttökustannuksia sekä laskettiin takaisinmaksuaika ja arvioitiin taloudellisia hyötyjä pitkällä aikavälillä.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että sähköinen kalusto on ympäristöystävällisempi ja edullisempi käyttää pitkällä aikavälillä. Sähköisen kaluston käyttökustannukset ovat alhaisemmat ja päästöt vähenevät merkittävästi verrattuna perinteiseen polttomoottorikalustoon.

Johtopäätöksenä todettiin, että siirtyminen sähköiseen kalustoon on pitkällä aikavälillä taloudellisesti ja ympäristöystävällisesti kannattavaa. Huolimatta korkeista alkuinvestoinneista, käyttökustannusten ja päästöjen vähentyminen kompensoi nämä kustannukset ajan myötä. Latausinfrastruktuurin kehittäminen ja lainsäädännön tukeminen ovat keskeisiä tekijöitä onnistuneessa siirtymisessä. Suosituksina esitettiin sähköiseen kalustoon investoimista vaiheittain, jotta alkuinvestoinnit voidaan jakaa pidemmälle ajankohdalle. Latausinfrastruktuurin kehittämistä yhteistyössä julkisen ja yksityisen sektorin kanssa sekä lainsäädännön tarjoamien tukien ja kannustimien hyödyntämistä sähköiseen kalustoon siirtymisessä.

Avainsanat: Sähköajoneuvot, Päästövähennykset, Taloudelliset hyödyt, Latausinfrastruktuuri, Kuljetuskalusto

DP Degree Programme in Sustainable Development
Author Jaakko Leimio Year 2024
Subject Emission Calculations of the transport fleet and financial benefits when switching to electronic fleet
Supervisors Tero Ahvenharju

The main goal of this work was to find out the emissions and costs of the current transport fleet and to evaluate the financial benefits of switching to electric fleet. In addition, the investment payback period and the effects of the charging infrastructure and legislation on the transition were examined. The commissioner of the thesis was Kuljetus P. Alajoki Oy.

In this thesis, quantitative methods, such as emission calculations and cost analysis, were used. The emissions and costs of the current fleet were thoroughly analysed and compared with the corresponding figures for the electric fleet. In addition, experts in the field were interviewed and current legislation and technological development were examined. The focus was on analysing the current fleet, where emissions and costs were calculated, and fuel consumption was examined. In the comparison of the electronic equipment, the emissions and costs of the electronic equipment were evaluated, and its advantages and challenges were examined. In addition, the status and development needs of the charging infrastructure were discussed, as well as the effects of legislation on the transition to electric vehicles. In terms of financial benefits and payback time, investment costs and operating costs were compared, and payback time was calculated. Financial benefits were also assessed in the long term.

The results of the study showed that electric equipment is more environmentally friendly and cheaper to use in the long term. Operating costs of electric fleet are lower, and emissions are significantly reduced compared with traditional combustion engine fleet. However, the transition to electric vehicles requires significant initial investments and the development of charging infrastructure is necessary so that the transport of heavy vehicles can be carried out smoothly. As a conclusion, it was stated that switching to electronic equipment is financially and environmentally profitable. Although the initial investment is high, the reduction in operating costs and emissions offset these costs over time. The development of charging infrastructure and supporting legislation are key factors in a successful transition. Finally, the recommendations included investment in electronic equipment in stages, so that the initial investments can be spread over a longer period. Further development ideas highlighted the charging infrastructure in cooperation with the public and private sector the utilization of the subsidies and incentives offered by the legislation in the transition to electric vehicles.

Keywords: Electric Vehicles, Emission reduction. Economic Benefits, Charging infrastructure, Transport fleet

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kuljetuskaluston sähköistyminen	2
	2.1 Kuljetuskalusto Suomessa	3
	2.2 Latausinfrastruktuurin kehittyminen Suomessa	4
3	Liikenteen sähköistymiseen liittyvä lainsäädäntö ja päästölaskelmat	6
	3.1 Tieliikenteen päästökauppajärjestelmä	6
	3.2 GHG-protokollan mukainen päästölaskenta	7
4	Aineisto ja Menetelmät	8
	4.1 Datan kerääminen	8
	4.2 Laskentakaavat	10
5	Tulokset	11
	5.1 Kaluston käyttövoimakulut	11
	5.2 Kuljetuskaluston päästöt sekä taloudelliset kustannukset	12
6	Johtopäätökset, kehittämissuhteet ja pohdinta	15
	6.1 Johtopäätökset	15
	6.2 Kehittämissuhteet	17
	6.3 Pohdinta	18
	Lähteet	19

Kuvat

Kuva 1. Kartta suurteholatauspisteistä Suomessa.....	5
Kuva 2. Yhden diesel- ja sähköauton osto- ja käyttökustannukset.....	11
Kuva 3. 19 diesel- ja sähköauton osto- ja käyttökustannukset.....	12

Taulukot

Taulukko 1. Kuljetus P. Alajoki Oy:n kaluston tiedot.....	9
Taulukko 2. Tilaajalta saadut tiedot yrityksen kuljetuskalustosta.....	9
Taulukko 3. Diesel- ja kaasukäyttöisen kuljetuskaluston hiilidioksidipäästöt.....	12
Taulukko 4. Sähköisen kuljetuskaluston hiilidioksidipäästöt	13
Taulukko 5. Diesel- ja kaasukäyttöisen kuljetuskaluston käyttövoimakustannukset.....	14
Taulukko 6. Sähköisen kuljetuskaluston käyttövoimakustannukset.....	14

Liitteet

Liite 1.	Aineistonhallintasuunnitelma
----------	------------------------------

1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen ja ympäristösuojelun merkitys on kasvanut huomattavasti viime vuosikymmeninä, ja tämä on johtanut monien teollisuudenalojen pyrkimyksiin vähentää hiilidioksidipäästöjään ja parantaa kestävyytään (Tilastokeskus 2022). Kuljetusala on yksi merkittävimmistä päästöjen lähteistä, ja sen vuoksi sen rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa on keskeinen. Perinteiset polttomoottorikäyttöiset ajoneuvot tuottavat suuria määriä hiilidioksidia ja muita haitallisia päästöjä, mikä on johtanut tarpeeseen kehittää ja ottaa käyttöön ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja.

Sähköinen kuljetuskalusto on noussut esiin potentiaalisena ratkaisuna, joka voi merkittävästi vähentää kuljetusalan ympäristövaikutuksia. (Autoalan tiedotuskeskus 2022)

Sähköajoneuvot eivät tuota suoria pakokaasupäästöjä ja niiden energiatehokkuus on huomattavasti parempi verrattuna perinteisiin polttomoottoriajoneuvoihin. Lisäksi sähköajoneuvojen käyttökustannukset ovat usein alhaisemmat, mikä voi tuoda merkittäviä taloudellisia hyötyjä pitkällä aikavälillä.

Tämän tutkimuksellisen opinnäytetyön tavoitteena on selvittää työn tilaajan nykyisen kuljetuskaluston päästöt ja kustannukset sekä arvioida sähköiseen kalustoon siirtymisen taloudellisia hyötyjä. Tutkimuksessa tarkastellaan myös investointien takaisinmaksuaikaa ja latausinfrastruktuurin kehitystarpeita. Näiden tekijöiden perusteella pyritään antamaan kattava kuva siitä, kuinka siirtyminen sähköiseen kuljetuskalustoon voi edistää kestäväää kehitystä ja tuoda taloudellisia säästöjä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Kuljetus P. Alajoki Oy, jonka historia juontaa vuodelle 1937, jolloin Niilo Paavola sai ensimmäisen liikennelupansa (kuljetusalajoki.com n.d.).

Tämän jälkeen yritystä ovat vieneet eteenpäin seuraavat sukupolvet ja nykyisenä toimitusjohtaja toimii Jukka Alajoki. Toimintaa vetävät hänen lapsensa Mauri ja Matti Alajoki. Toiminta keskittyy tällä hetkellä kappalevarajakeluun sekä lämpösäädelyihin kuljetuksiin, sekä terminaalipalveluihin. Yritys työllistää tällä hetkellä n. 40 täyspäiväistä kuljettajaa sekä 50 terminaalilyöntekijää

Tutkimus perustuu sekä teoreettiseen että empiiriseen aineistoon. Teoreettisessa osuudessa käsitellään sähköajoneuvojen teknologiaa, ympäristövaikutuksia ja taloudellisia näkökulmia.

Empiirisessä osuudessa analysoidaan todellisia kuljetusyhtiöitä ja niiden kaluston siirtymistä sähköiseen käyttöön. Näiden analyysien avulla pyritään tarjoamaan konkreettisia suosituksia ja toimintamalleja kuljetusyhtiöille, jotka harkitsevat sähköiseen kalustoon siirtymistä.

Opinnäytetyölle asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mitkä ovat nykyisen kuljetuskaluston päästöt ja käyttökustannukset?
- Mitkä ovat sähköiseen kuljetuskalustoon siirtymisen taloudelliset hyödyt ja investointikustannukset?
- Kuinka pitkä on sähköiseen kalustoon siirtymisen investointien takaisinmaksuaika?
- Mitä kehitystarpeita latausinfrastruktuurissa on, jotta sähköinen kalusto olisi toimiva vaihtoehto?

2 Kuljetuskaluston sähköistyminen

Liikenne on maailmanlaajuisesti suuri ilmastolle haitallisten päästöjen tuottaja. Suomessa sen osuus kasvihuonepäästöistä on noin neljännes (ourworldindata n.d.). Vuonna 2022 Suomen liikenne CO²-päästöt olivat noin 9,9 miljoonaa tonnia CO²-ekvivalenttia. Päästöt laskivat edelliseen vuoteen verrattuna noin 0,2 prosenttiyksikköä (Traficom 2024). Tieliikenne tuotti tästä 9,235 miljoonaa tonnia, joka oli noin 0,3 prosenttiyksikköä vähemmän kuin edellisvuonna (Tilastokeskus 2023). Kuorma-autot tuottivat liikenteen päästöistä vuonna 2020 n. 30 % (3,325 CO²e), joka on 6,6 % kaikista Suomen liikenteen päästöistä.

Kaikkien polttomoottoriautojen päästöt vaikuttavat merkittävästi ilmastoon.

Polttomoottoriautot tuottavat hiilidioksidia, typen oksideja ja hiilivetyä. Hiilidioksidin vapautuessa ilmastoon se estää auringon lämpösäteilyn pääsyn takaisin avaruuteen, joka näin luo niin sanotun kasvihuoneilmiön maapallolle. Typen oksidit taas vapautuessaan ilmaan reagoivat veden kanssa muodostaen happosateita. Happosateet happamoittavat maaperää ja vesistöjä sekä syövyttävät eri materiaaleja. Lisäksi SCOEL:n (Scientific Committee on Occupational Exposure Limit Values) tutkimusten mukaan typpioksidi ärsyttää sekä vaurioittaa hengityselimien kudoksia ja verisuonistoa, lisäten myös sydänkohtauksen riskiä (Työsuojelu 2017).

Sähköautojen päästöt syntyvät pääasiassa kaluston valmistuksen yhteydessä, suurin osa päästöistä syntyy akkujen valmistuksen yhteydessä. Ympäristön kannalta haasteellisimmaksi on todettu akkumateriaalien tuotanto, joka tällä hetkellä syntyy vielä neitseellisistä raaka-

aineista. Näissä etenkin litiumin ja kobolttin tuotantoon liittyy ympäristö- ja eettisyysongelmia, joihin pyritään puuttumaan entistä aktiivisemmin. Tutkimustulokset akkutuotannon aiheuttamista päästöistä ovat myös vaihtelevia. Esimerkiksi saksalainen ifo-instituutti arvioi akun tuotannon päästöiksi 175 CO²/kWh, kun taas Eindhovenin teknillinen korkeakoulun tutkimuksessa vuonna 2019 arvioitiin päästöjen olevan 85 kg CO²/kWh (Motiva, 2024). Sähköautojen käytöstä taas ei synny välittömiä pienhiukkaspäästöjä. Sähköautojen käyttökustannukset ovat merkittävästi edullisemmat, mutta investointi hinta on kalliimpi. Kulutuksesta syntyvät päästöt riippuvat pitkälti siitä, millä sähkö tuotetaan. Tuuli-, sähkö- tai ydinvoimalla tuotettu energia ei tuota päästöjä, jolloin pelkästään niillä energiamuodoilla ladattua sähköautoa käyttäessä päästöjä ei käytännössä synny. Hiilellä tai turpeella tuotetun sähkön käytöstä taas syntyy päästöjä. Tällä hetkellä Suomessa kulutetun sähkön päästökerroin on 38 g CO²/kWh, joka on muita käyttövoimia merkittävästi alhaisempi (Fingrid 2024). Vastaavasti dieselkäyttöisen polttomoottorin päästökerroin on 2,688 kg CO²/l (Lutsey 2017).

2.1 Kuljetuskalusto Suomessa

Viime vuosina kuljetuskalustossa on tapahtunut pienoista murrosta. Vuodesta 2021 dieselkäyttöisten kuorma-autojen rekisteröintimäärät Suomessa ovat laskeneet, ja vastaavasti bensa-, sähkö- ja kaasukaluston määrät ovat kasvaneet. Vielä 2021 koko maassa oli yhdeksän sähkökäyttöistä kuorma-autoa, ja vuoteen 2023 mennessä niitä oli rekisteröity yhteensä 65 kappaletta. Vastaavasti kaasukuorma-autoja oli vuonna 2021 393 kappaletta, ja vuonna 2023 liikenteessä oli yhteensä 589 kaasukuorma-autoa. Näistä muutoksista huolimatta vuonna 2023 kaikista liikenteeseen rekisteröidyistä kuorma-autoista 89 % oli vielä diesel- tai bensakäyttöisiä kuorma-autoja (Traficom 2024).

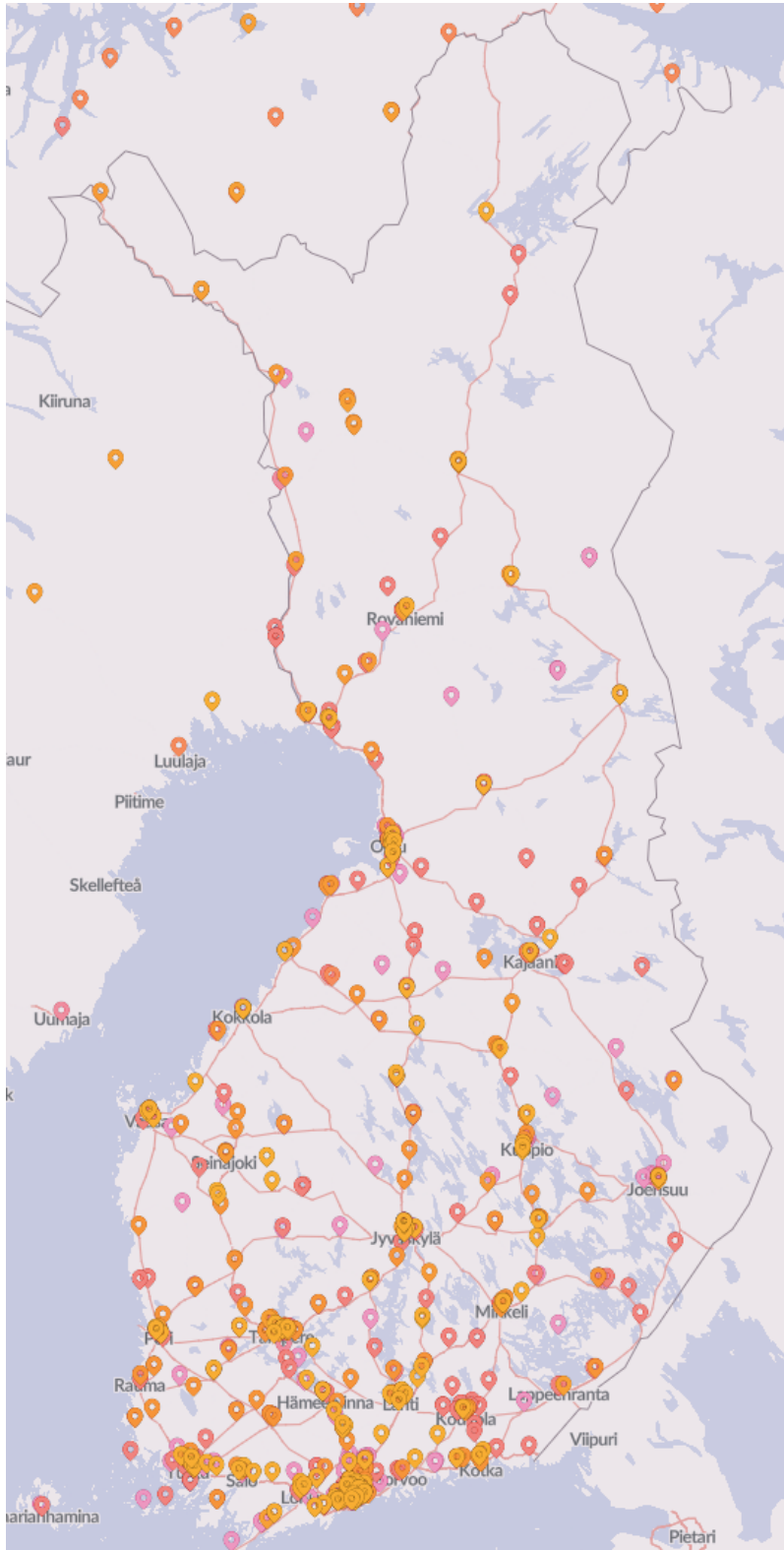
Sähköisen kuljetuskaluston kehitys on ollut nopeaa viime vuosina. Useat johtavat ajoneuvovalmistajat kuten Volvo, Scania ja Mercedes-Benz, ovat tuoneet markkinoille uusia sähköisiä kuorma-automalleja, jotka tarjoavat entistä pidemmän toimintamatkan ja paremman suorituskyvyn. Sähköisen kaluston edut ovat pitkälti käytön edullisuus sekä päästöttömyys käytössä. Päästöjen osalta sähköisen kuljetuskaluston päästöt syntyvät suurelta osin akkujen valmistuksen yhteydessä. Sähköisien kuorma-autojen yleistyminen edistyy koko ajan. Tilastojen mukaan vuoden 2022 lopulla sähköisiä kuorma-autoja oli liikenteessä 25kpl, kun taas vuonna 2023 lopulla sähköisiä kuorma-autoja oli rekisteröity jo 65kpl. Kasvu on tapahtunut vuodessa 160 %. (Sähköinen liikenne ry 2023)

2.2 Latausinfrastruktuurin kehittyminen Suomessa

Latausinfrastruktuurilla tarkoitetaan sähkökaluston lataukseen tarvittavia latauspisteitä, sekä latauspisteiden rakentamiseen tarvittavia rakenteita. Vuonna 2010, kun Suomeen alkoi tulla ensimmäisiä sähköautoja (Autoalan tiedotuskeskus 2024), ja latauspisteiden yhteiskulutus ylitti 3 terajoulen rajan 2013. Tuoreimman tiedon mukaan tällä hetkellä kulutus on 2402 terajoulua (Autoalan tiedotuskeskus 2024). Sähköautojen yleistyttyä ovat myös latauspisteet yleistyneet (Maunula ym. 2022). Yleistyminen tapahtui alkuun peruslatauspisteiden osalta, joilla tarkoitetaan pääasiassa alle 22 kWh tehoisia ns. type2 latausasemia. Vuonna 2018 avattiin ensimmäinen CCS suurteholatauspiste, jonka jälkeen molempien latauspisteiden määrät ovat kasvaneet merkittävästi. Vuonna 2022 suurteholatausasemia oli 1529 kpl, ja vuonna 2024 2686 kpl. (Sähköinen liikenne ry 2024)

Latauspisteiden tarjoajia on syntynyt samaa vauhtia, kun latausasemia on rakennettu. Nykyisin latauspalveluja tarjoaa mm. S-ketju, Plugit, Kesko, Helen, Ionity, Tesla sekä moni muu tarjoaja. Alla olevassa kartassa havainnollistetaan kaikki Suomessa olevat, yli 100 kWh tehoiset latauspisteet. Suurteholatauspisteet kattavat jo melko hyvin koko Suomen (kuva 1), keskittyen luonnollisesti sinne, missä on eniten ihmisiä.

Kuva 1. Kartta suurteholatauspisteistä Suomessa. (Latauskartta n.d.)



Teholatauspisteet ovat yleistyneet merkittävästi Suomessa (kuva 1), ovat nykyiset latausasemat kuitenkin tarkoitettu pääosin henkilöautoliikenteelle. Ne ovat tiloiltaan hyvin rajalliset, eikä esimerkiksi kuorma-autolla ole mahdollisuutta ladata autoa näissä pisteissä. Tilojen lisäksi kuljetuskalustolle olisi tärkeää, että latausteho on yli 200 kWh, jotta kuljetusväline latautuisi työpäivän kannalta järkevässä ajassa.

Tampereella, Viinikassa, avattiin vuonna 2023 ensimmäinen sähkökuorma-autoille tarkoitettu latauspiste (Yle 2023). Sähkökuorma-autoille tarkoitetut latauspisteet ovatkin keskeinen osa siirryttäessä kohti ympäristöystävällisempää liikennettä. Latauspisteiden lisäksi olisi tärkeää, että myös varastot ja terminaalit tarjoaisivat latauspisteitä lähellä latauslaitureita. Näin kuorma-autokalustoa voisi ladata aina, kun kalusto pysähtyy lastaamaan.

3 Liikenteen sähköistymiseen liittyvä lainsäädäntö ja päästölaskelmat

Euroopan unioni on asettanut vihreään siirtymän siivittämiseksi useita direktiivejä. Vuonna 2016 komissio antoi lausunnon ”vähäpäästöistä liikkuvuutta koskeva eurooppalainen strategia”, jossa komissio ehdottaa toimenpiteitä liikennealan hiilestä irtautumiselle. Joulukuussa 2020 komissio esitteli toimintasuunnitelman kestäväälle ja älykkäälle liikkumiselle (Euroopan komissio 2020). Toimintasuunnitelmassa esiteltiin strategia, jolla eurooppalainen liikenne ohjataan kohti kestäväää ja älykästä tulevaisuutta eri välitavoitteiden avulla.

Heinäkuussa 2021 komissio esitti erilaisia lainsäädäntöehdotuksia ja uudelleentarkasteluja, joilla saavutettaisiin ilmastoneutraalisuus vuoteen 2050 mennessä. Yksi keskeisimmistä ehdotuksista oli nykyään käytössä oleva päästökauppajärjestelmä (Euroopan komissio 2021).

3.1 Tieliikenteen päästökauppajärjestelmä

Euroopan unionin päästökauppa on järjestelmä, joka perustettiin vuonna 2005 edistämään kasvihuonepäästöjen vähentämistä. Järjestelmällä rajoitetaan teollisuuden, energiantuotannon, lentoyhtiöiden, sekä viimeistään vuodesta 2028 eteenpäin tieliikenteen, rakentamisen ja laivaliikenteen kasvihuonepäästöjen määrää. Päästökaupalla pyritään ohjaamaan yrityksiä siirtymään kohti ympäristöystävällisempiä toimintatapoja. (LVM 2022)

Tieliikenteen parissa päästökauppa tulee kohdistumaan polttoainejakelijoihin. Vaikutukset polttoaineiden hintaan riippuvat paljon siitä, minkälaisia vaihtoehtoja yrityksille ja kuluttajille on olemassa. Mitä enemmän käytetään fossiilittomia liikkumisvaihtoehtoja, sitä pienempi on päästökaupan vaikutus autoilijoihin (Ilmastopaneeli 2024). Suomessa tavoitteeksi on asetettu puolittaa päästöt vuoden 2005 tasosta (12.6 MtCO²) vuoteen 2030 mennessä (Ilmasto-opas 2024).

Suomessa on tilastoitu ympäristötukia vuodesta 2014 saakka osana ympäristönsuojelun raportointia (Tilastokeskus 2024). Kuluttajien sähköautojen hankintaa tuettiin rahallisesti vuosina 2018–2021. Tällä hetkellä valtio antaa tukea sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen hankintaan. Hankintatukea voi hakea 31.12.2024 asti. Tuen määrä vaihtelee 6000 eurosta 50 000 euroon. Tuen määrän määrittelee auton massa (Traficom 2024).

Tukien enimmäismäärä vaihtelee myös yritysten koon mukaan siten, että pienten yritysten hankintoja tuetaan suuremmalla tukiosuudella kuin suurten yritysten. Pienelle yritykselle tuki voi olla 60 %, kun keskisuurille osuus tukikelpoisista kustannuksista on 50 % ja suurille yrityksille 30 %. Yrityksen koko määritellään työntekijöiden määrän mukaan. Pieneksi yritykseksi lasketaan yritykset, joilla on alle 50 työntekijää, keskisuuriksi alle 250 työntekijää ja suuriksi yli 250 työntekijää (Traficom 2024).

3.2 GHG-protokollan mukainen päästölaskenta

GHG-protokolla on maailmanlaajuinen standardi hiilijalanjäljen laskentaan ja päästöjen yhdenmukaiseen raportointiin. Sen merkitys on kasvanut huomattavasti ilmastonmuutoksen ja kestävä kehityksen tavoitteiden myötä. Protokolla tarjoaa yrityksille ja organisaatioille selkeät ohjeet päästöjen mittaamiseen, hallintaan ja raportointiin, mikä auttaa yrityksiä vähentämään ympäristövaikutuksiaan ja parantamaan kestävyttään. Standardit luokitellaan kolmeen eri päästölukkaan, scope 1, scope 2 ja scope 3. Scope 1 sisältää yrityksen suoraan tuottamat päästöt. Näitä ovat toiminnasta johtuvat päästöt, joita yritys omistaa ja joita se voi kontrolloida, kuten oman kaluston päästöt. Scope 2 sisältää epäsuorat päästöt. Tämä tarkoittaa yrityksen sähkön ja lämmön hankinnasta koituvia epäsuoria päästöjä. Scope 3 kattaa kaikki muut epäsuorat päästöt koko yrityksen toimitusketjussa. Näitä ovat esimerkiksi kaikki hankitut tuotteet ja palvelut (ghgprotocol n.d.).

GHG-protokollan käyttö tarjoaa useita eri etuja. Ensinnäkin se auttaa yrityksiä tunnistamaan ja ymmärtämään päästölähteensä, mikä on ensimmäinen askel päästöjen vähentämiseksi. Toiseksi protokolla mahdollistaa päästöjen vertailun eri yritysten ja toimialojen välillä, mikä

edistää näkyvyyttä ja vastuullisuutta. Kolmanneksi GHG-protokollan mukainen raportointi voi parantaa yrityksen mainetta ja kilpailukykyä, sillä yhä useammat sidosryhmät, kuten asiakkaat, sijoittajat ja viranomaiset arvostavat ympäristövastuullisuutta. Luotettavien tuloksien saavuttaminen vaatii kumminkin yrityksiä käyttämään luotettavia laskentamenetelmiä ja työkaluja, jotta tulokset ovat mahdollisimman tarkkoja ja luotettavia.

Tässä tutkimuksessa on käytetty GHG-protokollan scope 1 mukaista laskutapaa, jotta tutkimuksen tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia muiden vastaavien tutkimusten tulosten kanssa.

4 Aineisto ja Menetelmät

4.1 Datan kerääminen

Datan kerääminen on keskeinen osa tutkimusprosessia, sillä se muodostaa perustan kaikille analyysille ja johtopäätöksille (Opinkirjo.fi n.d.). Ilman tarkkaa ja luotettavaa dataa tutkimuksen tulokset voivat olla epäluotettavia ja harhaanjohtajia. Datan kerääminen mahdollistaa tutkimuksen luotettavuuden ja tarkkuuden. Kun data on kerätty systemaattisesti ja huolellisesti, se vähentää virheiden ja vääristymien riskiä. Tämä on erityisen tärkeää, kun arvioidaan kuljetuskaluston päästöjä ja kustannuksia, sillä pienetkin virheet voivat johtaa merkittäviin vääristymiin tuloksissa.

Tämän opinnäytetyön data on kerätty pääasiassa opinnäytetyön tilaajan antamasta datasta, jonka he saavat suoraan yhteistyökumppanin kautta kalustonsa ajotietokoneista. Sähköisen kaluston data on kerätty haastattelujen tarjoamasta tiedosta, sekä kokemustenpohjaisesta tiedosta

Kuljetus P. Alajoki Oy:n kalustoon (taulukot 1 ja 2) kuuluu tällä hetkellä yhteensä 19 autoa, joista 11 kpl on täysperävaunuyhdistelmiä, 1 kpl puoliperävaunuyhdistelmiä, 1 kpl HCT yhdistelmiä ja 6 kpl kuorma-autoja. Kalustoon kuuluvat autot ovat iältään 1–8 vuotta vanhoja (vuosimallia 2016–2023). Vuosittain ajokilometrejä kertyy liiketoiminnassa n. 1 750 000 kilometriä.

Taulukko 1. Kuljetus P. Alajoki Oy:n kaluston tiedot (Kuljetus P. Alajoki Oy, henkilökohtainen tiedontanto 2024)

Vuosimallit	Määrä	Malli	Polttoaine
2016	3 kpl	Scania G490	Diesel
2017	2 kpl	Scania G450/Volvo FM11	Diesel
2018	4 kpl	Scania G450/G500	Diesel
2019	3 kpl	Scania G500/R500	Diesel
2021	3 kpl	Scania S530/G500/G540	Diesel
2022	2 kpl	Scania S560/Volvo FE	Diesel
2023	2 kpl	Scania G410	Biokaasu

Taulukko 2. Tilaajalta saadut tiedot yrityksen kuljetuskalustosta

Kuljetuskalusto	malli	kilometrit	kulutus	yksikkö	polttoaine
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	34855	14952	L	Diesel
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	44666	17464	L	Diesel
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	36418	13620	L	Diesel
Scania G450 vm 2017	Täysperävaunuyhdistelmä	75575	26300	L	Diesel
Volvo FM11 vm 2017	Kuorma-auto	95494	29637	L	Diesel
Scania G450 vm 2018	Kuorma-auto	82645	26555	L	Diesel
Scania G450 vm 2018	Täysperävaunuyhdistelmä	71090	21700	L	Diesel
Scania G500 vm 2018	Kuorma-auto	40119	21700	L	Diesel
Scania G500 vm 2018	Täysperävaunuyhdistelmä	24664	10293	L	Diesel
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	45889	L	Diesel
Scania R500 vm 2019	Puoliperävaunuyhdistelmä	49506	18696	L	Diesel
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	45251	L	Diesel
Scania S530 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	3491	1509	L	Diesel
Scania G500 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	168955	63616	L	Diesel
Scania G540 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	184772	62812	L	Diesel
Scania S560 vm 2021	HCT-Yhdistelmä	202743	84750	L	Diesel
Volvo FE vm 2022	Kuorma-auto	47231	14777	L	Diesel
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	26589	7046	Kg	Biokaasu
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	14433	4127	Kg	Biokaasu
Yhteensä		1449376	530694		

Taulukosta 2 ilmenee, että yrityksen kalustolla kertyi vuonna 2023 1 449 376 kilometriä ajoa, johon kului yhteensä 519 521 litraa dieseliä sekä 11 173 kiloa biokaasua. Dieselin päästökerroin on 2,688 kg CO²e (Lutsey 2017). Biokaasun päästökerroin on 0 kg CO²e. Diesel polttoaineen hinta on 1,77 €/h (Kuljetus P. Alajoki Oy, henkilökohtainen tiedonanto 2024).

Sähkökuorma-auton kulutus on 87 kWh/100 km, täysperävaunuyhdistelmän kulutus on 110 kWh/100 km ja HTC-yhdistelmän kulutus on 150 kWh/100 km (Alajoki Oy, henkilökohtainen

tiedonanto 2024.). Sähkön päästökerroin on 38 g CO²/kWh (Fingrid n.d.), mikä tarkoittaa, että sähköisen kaluston kokonaispäästöt voivat olla 0 tonnia CO²e vuodessa, jos käytetään tuuli- tai aurinkosähköä.

4.2 Laskentakaavat

Laskelmat on aloitettu laskemalla nykykaluston päästöjä. Laskelmien polttoaineiden litramäärät on saatu suoraan asiakkaan datasta. Näin ollen päästöjen laskeminen on varsin yksinkertaista, kun tiedetään, että diesel litran palaessa syntyy 2,688 kg hiilidioksidia per litra (Lutsey 2017). Tällöin kaava on:

$$\text{litramäärä} * 2,688 \text{ kg co}^2\text{e}$$

Sähköisen kaluston laskelmat ovat pitkälti päätelmiä, sekä osin faktoja, jotka ovat saatu haastattelun myötä erään kuljetusyhtiön kuljettajalta, joka ajaa päivittäin väliä Helsinki-Tampere (Yritys x, henkilökohtainen tiedonanto). Lisäksi kaluston kulutustietoihin on huomioitu kolmen eri kuljetuskalustovalmistajan sähköpostitse saadut tiedot. Näiden pohjalta olen arvioinut, että kuorma-autolla kulutus keskimääräisesti on noin 87kwh/ 100 km, täysperävaunuyhdistelmällä 110kwh/100 km sekä HTC-yhdistelmällä 150kwh/100 km.

Kulutetun sähkön päästökerroin on 38 g CO²/kWh (Fingrid, n.d), ja kaava sähköisen kaluston päästöille on:

$$(\text{keskikulutus} * \text{ajetut kilometrit}) / 100$$

Tässä työssä on laskettu polttomoottoripohjaisen kaluston polttoainekulut sekä sähköisen kaluston sähkökustannukset. Laskelmat ovat suoritettu kiinteillä hinnoilla, eikä hintavaihtelua ole huomioitu. Dieselin hinta on saatu suoraan työn tilaajalta, joka heillä oli sovittu yhteiskumppanin kautta 1,77 €/ litra. Kuorma-auton hinnaksi on laskettu 200 000 euroa, joka on uuden kuorma-auton keskimääräinen hinta, kun puhutaan diesel taikka kaasukäyttöisesti kuorma-autosta. Sähkökaluston hinta on noin 300 000–450 000 euroa, hinta on arvio ja pohjautuu kolmen eri kuorma-automyyjien antamiin tietoihin, joissa sähköinen kalusto on 2–3 kalliimpi kuin diesel käyttöiset. Suoraa hintaa en saanut kalustolle, koska kilpailu sähköisestä kalustosta käy niin kiivaana.

Yhden kuorma-auton osalta polttoaineisiin kuluu 100 kilometrillä 30–40 litraa, vastaavasti sähköisen kuorma-auton kulut ovat 100 kilometrillä 80–100 kilowattituntia. Näin ollen kaavaksi muodostuu:

Hankintahinta + 1v käyttövoimakulut + 2v käyttövoimakulut + jne.

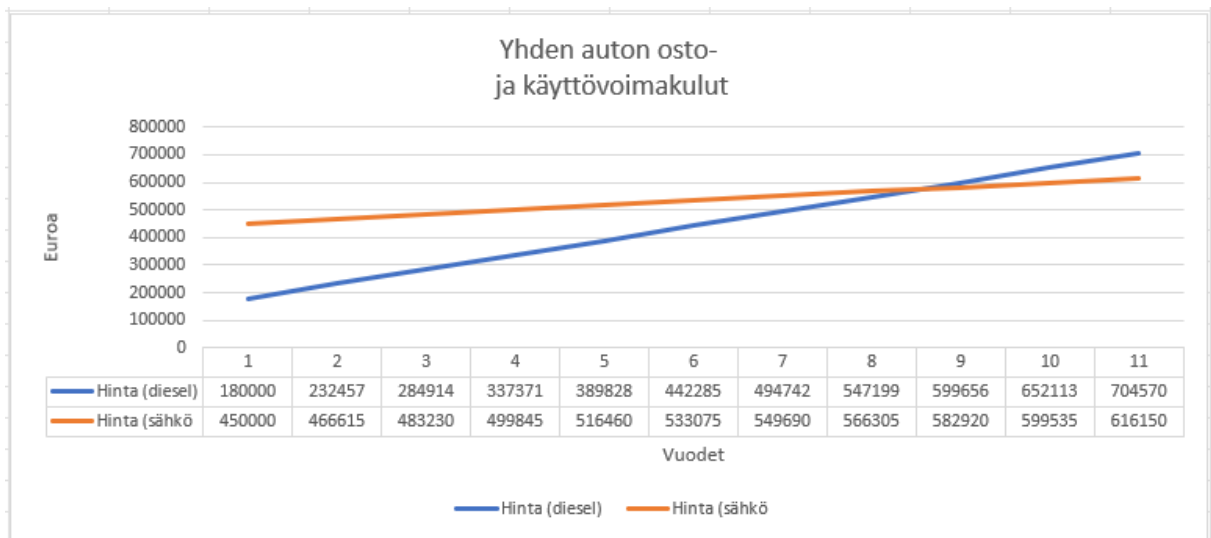
Laskelmissa käytetyt tiedot on kirjattu Microsoft-Excel taulukkolaskelmaohjelmaan. Niiden tietojen perusteella on piirretty kuvat havainnollistamaan tuloksia samalla ohjelmalla. Tulokset-osassa olevat taulukot ja kuvat pohjautuvat Excel-ohjelmalla tehtyihin laskelmiin.

5 Tulokset

5.1 Kaluston käyttövoimakulut

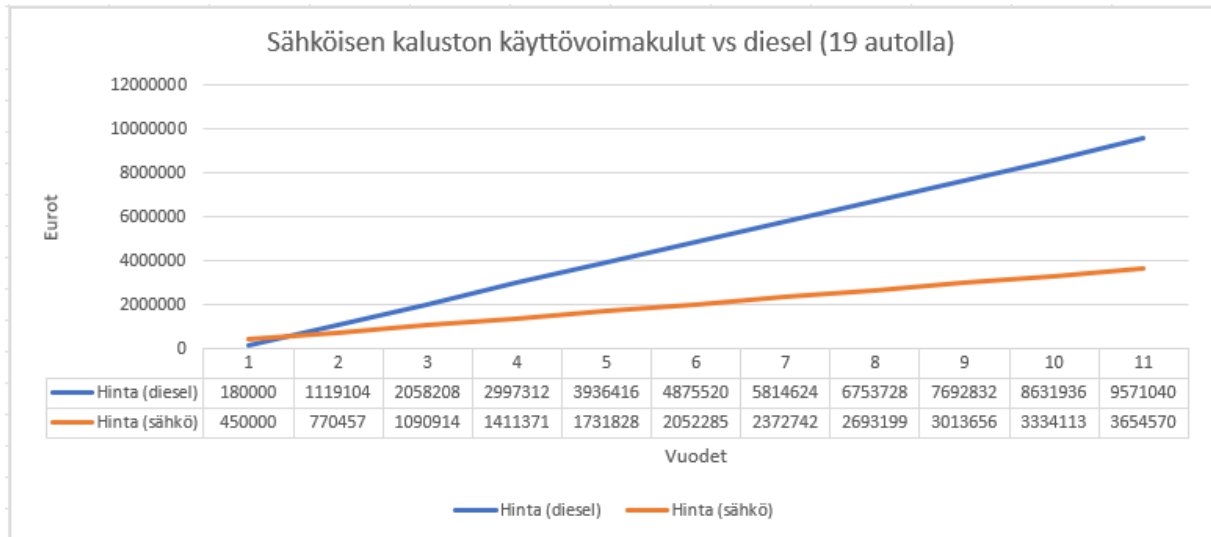
Kuvassa 2 on eritelty ajoneuvon hankintahinta sekä vuosittaiset käyttövoimakustannukset. Kustannukset ovat laskettu käyttäen seuraavia hintoja. Diesel- ja kaasukäyttöisten hankinta hinta on 180 000 euroa. Sähkökäyttöisen kuorma-auton hankinta hinta on 450 000 euroa. Dieselpolttoaineen hinnaksi on määritelty 1,77 €/litra ja sähkön hinnaksi 0,20 €/kWh

Kuva 2. Yhden diesel- ja sähköauton osto- ja käyttökustannukset.



Kuvassa 3 on eritelty ajoneuvojen hankintahinta sekä vuosittaiset käyttövoimakustannukset. Kustannukset on laskettu käyttäen dieselin hintana 1,77 €/litra ja sähkön hintana 0,20 €/kWh. Kalustojen hankintahinnat ovat vastaavat kuin kuvassa 2.

Kuva 3. 19 diesel- ja sähköauton osto- ja käyttökustannukset.



5.2 Kuljetuskaluston päästöt sekä taloudelliset kustannukset

Taulukossa 3 on eritelty eri ajoneuvotyyppien päästöt perustuen niiden polttoainekulutukseen ja ajosuoritteeseen. Päästöt ovat laskettu käyttäen dieselpolttoaineen päästökertoimena 2,688 kg CO² per litra ja kaasupolttoaineen päästökertoimena 2,75 kg CO² per kg.

Taulukossa on esitelty eri ajoneuvotyyppit, kuten kuorma-autot, täysperävaunuyhdistelmät ja puoliperävaunuyhdistelmät. Kunkin ajoneuvotyyppin vuosittainen polttoainekulutus litroina tai kilogrammoina sekä kullekin ajoneuvotyyppille laskettu hiilidioksidimäärä.

Taulukko 3. Diesel- ja kaasukäyttöisen kuljetuskaluston hiilidioksidipäästöt.

Kuljetuskalusto	malli	kilometrit	kulutus	yksikkö	Käyttövoima	Painoarvio	yksikkö	keskikulutus/100km	CO2-ekv	yksikkö	Päästöt	yksikkö
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	34855	14952	L	Diesel	60 t		42,90	2,688	kg CO2e	40190,98	kg CO2e
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	44666	17464	L	Diesel	60 t		39,10	2,688	kg CO2e	46943,23	kg CO2e
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunuyhdistelmä	36418	13620	L	Diesel	60 t		37,40	2,688	kg CO2e	36610,56	kg CO2e
Scania G450 vm 2017	Täysperävaunuyhdistelmä	75575	26300	L	Diesel	60 t		34,80	2,688	kg CO2e	70694,40	kg CO2e
Volvo FM11 vm 2017	Kuorma-auto	95494	29637	L	Diesel	15 t		31,04	2,688	kg CO2e	79664,26	kg CO2e
Scania G450 vm 2018	Kuorma-auto	82645	26555	L	Diesel	15 t		32,13	2,688	kg CO2e	71379,84	kg CO2e
Scania G450 vm 2018	Täysperävaunuyhdistelmä	71090	21700	L	Diesel	60 t		30,52	2,688	kg CO2e	58329,60	kg CO2e
Scania G500 vm 2018	Kuorma-auto	40119	21700	L	Diesel	15 t		54,09	2,688	kg CO2e	58329,60	kg CO2e
Scania G500 vm 2018	Täysperävaunuyhdistelmä	24664	10293	L	Diesel	60 t		41,73	2,688	kg CO2e	27667,58	kg CO2e
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	45889	L	Diesel	60 t		37,29	2,688	kg CO2e	123349,63	kg CO2e
Scania R500 vm 2019	Puoliperävaunuyhdistelmä	49506	18696	L	Diesel	40 t		37,77	2,688	kg CO2e	50254,85	kg CO2e
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	45251	L	Diesel	60 t		36,77	2,688	kg CO2e	121634,69	kg CO2e
Scania S530 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	3491	1509	L	Diesel	60 t		43,23	2,688	kg CO2e	4056,19	kg CO2e
Scania G500 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	168955	63616	L	Diesel	60 t		37,65	2,688	kg CO2e	170999,81	kg CO2e
Scania G540 vm 2021	Täysperävaunuyhdistelmä	184772	62812	L	Diesel	60 t		33,99	2,688	kg CO2e	168838,66	kg CO2e
Scania S560 vm 2021	HCT-Yhdistelmä	202743	84750	L	Diesel	76 t		41,80	2,688	kg CO2e	227808,00	kg CO2e
Volvo FE vm 2022	Kuorma-auto	47231	14777	L	Diesel	15 t		31,29	2,688	kg CO2e	39720,58	kg CO2e
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	26589	7046	Kg	Biokaasu	15 t		26,50	0	kg CO2e	0,00	kg CO2e
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	14433	4127	Kg	Biokaasu	15 t		28,59	0	kg CO2e	0,00	kg CO2e
Yhteensä		1449376	530694								1396472,45	kg CO2e

Taulukossa 4 on eritelty eri ajoneuvotyyppien päästöt perustuen niiden sähkönkulutukseen ja ajosuoritteisiin. Päästöt on laskettu käyttäen 38 g CO² per kWh päästökertoimena. Taulukossa

on myös eritelty eri ajoneuvotyypit sekä kunkin ajoneuvotyypin vuosittainen sähkönkulutus kilowattitunteina. Lisäksi on laskettu hiilidioksidimäärä kullekin ajoneuvotyypille.

Taulukko 4. sähköisen kuljetuskaluston hiilidioksidipäästöt.

Kuljetuskalusto	malli	kilometrit	kulutus	yksikkö	käyttövoima	Painoarvio	yksikkö	keskikulutus/100km	yksikkö	Sähköntuotannon päästökerron	yksikkö	CO2-ekv	yksikkö
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	34855	39037,6	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		1483428,8	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	44666	5359,92	kWh	Sähkö	44 t		12 kWh		38 g CO2e		203676,96	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	36418	40788,2	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		1549950,08	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	75575	84644	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		3216472	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	95494	83079,8	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		3157031,64	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	82645	71901,2	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		2732243,7	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	71090	79620,8	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		3025590,4	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	40119	34903,5	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		1326334,14	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	24664	27623,7	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		1049699,84	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	137833	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		5237646,4	g CO2e
esimerkkiauto	Puoliperävaunuyhdistelmä	49506	55446,7	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		2106975,36	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	123065	137833	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		5237646,4	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	3491	3909,92	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		148576,96	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	168955	189230	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		7190724,8	g CO2e
esimerkkiauto	Täysperävaunuyhdistelmä	184772	206945	kWh	Sähkö	44 t		112 kWh		38 g CO2e		7863896,32	g CO2e
esimerkkiauto	HCT-yhdistelmä	202743	304115	kWh	Sähkö	44 t		150 kWh		38 g CO2e		11556351	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	47231	41091	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		1561456,86	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	26589	23132,4	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		879032,34	g CO2e
esimerkkiauto	Kuorma-auto	14433	12556,7	kWh	Sähkö	15 t		87 kWh		38 g CO2e		477154,98	g CO2e
		1449376	1579050	kWh								60003,88898	kg CO2e

Opinnäytetyön laskelmien keskeiset tulokset osoittavat merkittäviä eroja dieselkäyttöisen ja sähköisen kaluston välillä sekä päästöjen että taloudellisten kustannusten osalta.

Dieselkäyttöisen kaluston päästöt ovat 2,688 kg CO² per litra polttoainetta, mikä johtaa kokonaispäästöihin, jotka ovat 1390 tonnia CO₂e vuodessa. Tämä luku perustuu nykyisen kaluston polttoaineenkulutukseen ja ajosuoritteisiin.

Sähkökuorma-auton kulutus on 87 kWh/100 km, täysperävaunuyhdistelmän kulutus on 110 kWh/100 km ja HCT-yhdistelmän (High Capacity Transport) kulutus on 150 kWh/100 km. Sähkön päästökerron on 38 g CO²/kWh, mikä tarkoittaa, että sähköisen kaluston kokonaispäästöt voivat olla 0 tonnia CO₂e vuodessa, olettaen että käytetään uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä. Tämä on merkittävä parannus verrattuna dieselkäyttöiseen kalustoon, ja se osoittaa sähköisen kaluston potentiaalin vähentää merkittävästi kuljetusalan hiilijalanjälkeä.

Taulukossa 5 on eritelty eri ajoneuvotyyppien polttoainekustannukset perustuen niiden polttoaineenkulutukseen ja ajosuoritteisiin. Kustannukset ovat laskettu käyttäen dieselpolttoaineelle 1,77 €/litra hintaa sekä kaasupolttoaineelle 1,50 €/kg hintaa. Taulukossa on myös eritelty eri ajoneuvotyypit sekä kunkin ajoneuvotyypin vuosittainen polttoaineenkulutus litroina tai kilogrammoina.

Taulukko 5. Diesel- ja kaasukäyttöisen kuljetuskaluston käyttövoimakustannukset.

Kuljetuskalusto	malli	kilometrit	kulutus	yksikkö	polttoaine	keskikulutus/100km	Polttoaineen hinta	Polttoainekustannukset	yksikkö
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunun yhdistelmä	34855	14952 L		Diesel	42,90	1,77	26465,04 €	
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunun yhdistelmä	44666	17464 L		Diesel	39,10	1,77	30911,28 €	
Scania G490 vm 2016	Täysperävaunun yhdistelmä	36418	13620 L		Diesel	37,40	1,77	24107,40 €	
Scania G450 vm 2017	Täysperävaunun yhdistelmä	75575	26300 L		Diesel	34,80	1,77	46551,00 €	
Volvo FM11 vm 2017	Kuorma-auto	95494	29637 L		Diesel	31,04	1,77	52457,49 €	
Scania G450 vm 2018	Kuorma-auto	82645	26555 L		Diesel	32,13	1,77	47002,35 €	
Scania G450 vm 2018	Täysperävaunun yhdistelmä	71090	21700 L		Diesel	30,52	1,77	38409,00 €	
Scania G500 vm 2018	Kuorma-auto	40119	21700 L		Diesel	54,09	1,77	38409,00 €	
Scania G500 vm 2018	Täysperävaunun yhdistelmä	24664	10293 L		Diesel	41,73	1,77	18218,61 €	
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunun yhdistelmä	123065	45889 L		Diesel	37,29	1,77	81223,53 €	
Scania R500 vm 2019	Puoliperävaunun yhdistelmä	49506	18696 L		Diesel	37,77	1,77	33091,92 €	
Scania G500 vm 2019	Täysperävaunun yhdistelmä	123065	45251 L		Diesel	36,77	1,77	80094,27 €	
Scania S530 vm 2021	Täysperävaunun yhdistelmä	3491	1509 L		Diesel	43,23	1,77	2670,93 €	
Scania G500 vm 2021	Täysperävaunun yhdistelmä	168955	63616 L		Diesel	37,65	1,77	112600,32 €	
Scania G540 vm 2021	Täysperävaunun yhdistelmä	184772	62812 L		Diesel	33,99	1,77	111177,24 €	
Scania S560 vm 2021	HCT-Yhdistelmä	202743	84750 L		Diesel	41,80	1,77	150007,50 €	
Volvo FE vm 2022	Kuorma-auto	47231	14777 L		Diesel	31,29	1,77	26155,29 €	
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	26589	7046 Kg		Biokaasu	26,50	1,75	12330,50 €	
Scania G410 vm 2023	Kuorma-auto	14433	4127 Kg		Biokaasu	28,59	1,75	7222,25 €	
Yhteensä		1449376	530694					939104,92 €	

Taulukossa 6 on eritelty eri ajoneuvotyyppien sähkönkulutukseen perustuvat kustannukset. Kustannukset on laskettu käyttäen sähkölle 0,20 €/kWh hintaa. Taulukossa on myös eritelty eri ajoneuvotyypit sekä kunkin ajoneuvotyypin vuosittainen sähkönkulutus kilowattitunteina.

Taulukko 6. Sähköisen kuljetuskaluston käyttövoimakustannukset.

Kuljetuskalusto	malli	kilometrit	kulutus	yksikkö	käyttövoim	keskikulutus/100km	yksikkö	sähkön hinta (sähkö+siirto)	sähkökustannukset	yksikkö
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	34855	37991,95 kWh		Sähkö	109 kWh		0,2	7598,39 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	44666	48685,94 kWh		Sähkö	109 kWh		0,2	9737,188 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	36418	39695,62 kWh		Sähkö	109 kWh		0,2	7939,124 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	75575	82376,75 kWh		Sähkö	109 kWh		0,2	16475,35 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	95494	83079,78 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	16615,956 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	82645	71901,15 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	14380,23 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	71090	77488,1 kWh		Sähkö	109 kWh		0,2	15497,62 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	40119	34903,53 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	6980,706 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	24664	27130,4 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	5426,08 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	123065	135371,5 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	27074,3 €	
esimerkkiauto	Puoliperävaunun yhdistelmä	49506	54456,6 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	10891,32 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	123065	135371,5 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	27074,3 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	3491	3840,1 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	768,02 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	168955	185850,5 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	37170,1 €	
esimerkkiauto	Täysperävaunun yhdistelmä	184772	203249,2 kWh		Sähkö	110 kWh		0,2	40649,84 €	
esimerkkiauto	HCT-Yhdistelmä	202743	304114,5 kWh		Sähkö	150 kWh		0,2	60822,9 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	47231	41090,97 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	8218,194 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	26589	23132,43 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	4626,486 €	
esimerkkiauto	Kuorma-auto	14433	12556,71 kWh		Sähkö	87 kWh		0,2	2511,342 €	
Yhteensä		1449376	1602287,2 kWh						320457,446 €	

Taloudellisten laskelmien mukaan dieselpolttoaineen hinta on 1,77 €/litra, kun taas sähkön hinta on 0,20 €/kWh (kotilatauksessa n. 0,15 €/kWh). Tämä tarkoittaa, että sähköisen kaluston käyttövoimakustannukset ovat noin 66 % alhaisemmat kuin dieselkaluston. Sähkökuorma-auton arvioitu hinta on kuitenkin 450 000 €, kun taas dieselkuorma-auton arvioitu hinta on 180 000 €. Tämä osoittaa, että vaikka sähköisen kaluston käyttökustannukset ovat alhaisemmat, alkuinvestointi on huomattavasti korkeampi.

Investointien takaisinmaksuaika osoittaa, että sähköiseen kalustoon siirtymisen säästöt ovat yli 600 000 € vuodessa. Tämä johtuu pääasiassa alhaisemmista käyttövoimakustannuksista ja mahdollisista säästöistä päästökaupan lisäkustannuksissa, jotka 19 dieselkuorma-autolle ovat arviolta 58 376,34 € vuodessa vuoden 2027 alussa. Tämä tarkoittaa, että vaikka

sähköisen kaluston alkuinvestointi on korkeampi, pitkän aikavälin säästöt voivat tehdä siitä taloudellisesti kannattavan vaihtoehdon.

Yhteenvedona voidaan todeta, että siirtyminen sähköiseen kalustoon on sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti kannattavaa pitkällä aikavälillä. Se vaatii kuitenkin merkittäviä alkuinvestointeja ja latausinfrastruktuurin parantamista, jotta sähköisen kaluston täysi potentiaali voidaan hyödyntää. Tämä opinnäytetyö tarjoaa kattavan analyysin sekä nykyisen että sähköisen kaluston päästöistä ja kustannuksista, ja se osoittaa selkeästi sähköisen kaluston edut tulevaisuuden kuljetusratkaisuin.

6 Johtopäätökset, kehittämisehdotukset ja pohdinta

6.1 Johtopäätökset

Liikenteen päästöt ja päästökaupan vaikutukset liikenteen yritystoimintaan on tulevana vuosina polttava kysymys. Samaan aikaan kun yritysten pitäisi pystyä päivittämään kalustoa haasteeksi tulee vastaan uuden kaluston 2–2,5 kertaisten hinnat. Lisäksi päästöttömään liikenteeseen tulee tulevaisuudessa olemaan useampia vaihtoehtoja. Tulevaisuudessa kalusto tulee varmasti jakautumaan kaasulla, vedyllä ja sähköllä toimiviin kalustoihin. Jokainen näistä kalustoista tulee olemaan edullisempia käyttää kuin nykyiset polttomootorilla toimivat kalustot, sen sijaan niin leasing kuin kaluston osto hinnat ovat huomattavasti kalliimpia.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin yhteen näistä päästöttömistä käyttövoimista. Sähkö tulee todennäköisesti olemaan yksi suurimpia käyttövoimia tulevaisuudessa. Sen osoittaa jo nyt sen, kuinka merkittävää eri latauspisteiden määrän kasvu on ollut, sekä kuinka nopeasti sähköisen kuljetuskaluston määrä liikenteessä on lisääntynyt. Vuodesta 2022 vuoteen 2024 sähköisien kuorma-autot ovat kasvattanut määriään 160 %:lla kun vastaavasti suuritehoiset latauspisteet ovat kasvattaneet määriään 84 %:lla (Traficom 2024).

Sähköiseen kaluston siirryttäessä keskiössä on kaluston taloudellisuus ja käyttöalueen olosuhteet. Lisäksi ainakin tällä hetkellä vuonna 2024 kalustoilla on merkittäviä eroja. Näiden lisäksi oman latausinfra rakentaminen on oma lisäkustannus sekä infran kannalta olisi tärkeä saada pääteiden varteen kuljetuskalustoa tukevia latauspisteitä eri taukopaikoille.

Tutkimuksen perusteella, jos kuljetusyrittäjä voisi välittömästi vaihtaa sähköiseen kalustoon syntyisi käyttövoimasta syntyviä säästöjä yli 600 000 € vuodessa. Tähän lisätään vielä päästökaupan tuomat lisäkustannukset, jotka arvioiden mukaan 530 694 litran osalta on 58 376,34 € vuoden 2027 alussa. On kuitenkin hyvin mahdollista, että päästökaupan tuomat lisäkustannukset voivat laskettuun summaan olla vielä 2–3 kertaiset (Talouselämä 2024). On korostettava vielä, että sähkökaluston laskelmat on tehty 0,20 euron kilowattihinnalla, joka on kotilataukseen verrattuna reilusti yläkanttiin. Yrityksille tarjotaan tällä hetkellä (lokakuussa 2024) sähkösopimuksia kiinteään, noin seitsemän sentin kWh hintaan. Sähkön siirto lisää arviolta 5–10 senttiä per kilowatti hintaa.

On arvioitu, että EU:n vuonna 2027 alkavan päästökaupan vaikutus polttoaineen hintaan alussa on noin 0,11 euroa per litra (ilmastopaneeli 2024), viimeaikaisempien uutisartikkeleiden mukaan vaikutusta voi olla jopa 0,50 euroa per litra (Talouselämä 2024). Sen sijaan yksinyrittäjille ja pienille yrityksille kaluston vaihto ja kilpailussa mukana pysymisestä tulee haaste, koska pienillä yrityksillä on vähemmän varaa kaluston päivittämiseen. Jos verrataan pelkkiä käyttövoimakuluja yhden auton osalta, syntyy sähköä käyttäen n. 67 % säästöt. Yksittäiselle kuljetusyrittäjälle vuosittainen säästö käyttövoimassa on laskelmieni mukaan noin 25 000–30 000 euroa. Kun taas 20 auton yritykselle säästöä syntyy reilu 600 000 euroa vuodessa. Luonnollisesti tällä rahalla on helpompaa tehdä kalusto päivityksiä.

Ilmaston näkökulmasta on erityisen tärkeitä, että yrityksillä on taloudellisen hyödyn lisäksi haluja vähentää päästöjä. Näillä toimenpiteillä voidaan vaikuttaa ennen kaikkea päästökaupan vaikutukseen yrityksen toiminnassa. Tutkimuksien mukaan täyssähköinen kalusto on selkeästi vähäpäästöisin valinta. Päästöjen tiputtaminen 1390 tonnista CO₂e:sta nolliin taikka taulukossa mainittuun kuuteen tonniin CO₂e on mielestäni erittäin merkittävä toimenpide. Kansallisesti vastaava luku tarkoittaa noin 0,05 % päästötiputusta kuorma-autojen osalta ja yrityksellä vähintään 96,9 % tiputusta omiin scope 1 päästöihin.

Latausinfraassa on myös paljon kehitettävää, jotta siirtyminen sähköisiin kuorma-autoihin onnistuu mutkattomasti. Ensinnäkin useisiin varastoihin ja terminaaleihin tulisi saada latauspisteet lastauslaitureiden yhteyteen, etenkin isommassa tuotantolaitoksissa. Kun lataus kestää riippuen toimipisteestä arviolta 30 minuutista kahteen tuntiin. Useimmissa kuorma-autoissa 200 kilowatin teholla autojen akkuihin saisi ladattua 100 kilowattista 400 kilowattiin, joka tarkoittaa akkuihin lisää noin 30 %-70%: Toisaalta taas, jos kun nykyisillä kuorma-autoilla voi ajaa sen 600 kilometriä täydellä kuormalla. Riittäisi teoriassa, että latauspisteitä olisi laadukkailla levähdyspaikoilla sekä maantieteterminaaleissa.

Ilmastonmuutoksen kannalta tällä olisi merkittävät vaikutukset Suomen liikenteen päästöihin,

sillä nykyaikaiset terminaalit käyttävät jo runsaasti aurinkovoimaa katoillaan. Tämän takia autot ainakin osaksi saisivat latauksen täysin päästöttömästi.

Siirtyminen sähköiseen kalustoon onkin siirtymän kannalta se ongelmallisempi kysymys. Siirtymistä rajoittaa tällä hetkellä rajoittunut latausverkosto sekä kaluston kalleus. Tapahtuuko tulevaisuudessa niin, että kaikki pienet toimijat joutuvat lakkauttamaan toimintansa, koska heille kaluston päivittäminen ja päästökaupasta koituvat lisäkulut rokottavat suhteessa enemmän kuin isommille toimijoille. Jos pienet toimijat haluavat jatkaa toimintaansa uskon, että valtion oli tuettava merkittävästi siirtymistä.

Tutkimuksen tulokset tukevat Eemil Mennalan vuonna 2021 kandidityössään ”Sähköisten jakeluajoneuvojen vaikutukset kuljetusliikkeiden kannattavuuteen” (Eemil Mennala 2021 s.18–21) esittämää ajatusta, että sähköiseen kalustoon investoiminen on pitkällä aikavälillä kannattavaa sekä taloudellisesti että päästöjen vähentämisen kannalta.

6.2 Kehittämisehdotukset

Tutkimuksen perusteella suositellaan investoimaan sähköisiin jakeluajoneuvoihin, koska ne vähentävät hiilidioksidipäästöjä ja ovat pitkällä aikavälillä taloudellisesti kannattavia. Latausinfrastruktuuria tulisi kehittää erityisesti varastoihin ja terminaaleihin. Jos lataaminen on jo mahdollista huolintayhtiön terminaalissa, jossa toimeksiantaja toimii alihankkijana, kaluston päivittäminen sähköiseksi on suositeltavaa. Näin toimeksiantaja välttyy itse latausinfrastruktuurin rakentamiselta. Lisäksi on tärkeää huomioida latausinfrastruktuurin tehokkuus, sillä sähkökaluston suurten akkujen tulisi täyttyä 20–80 % alle tunnissa.

Sähköiseen kalustoon siirtyminen kannattaa toteuttaa vaiheittain, mikä mahdollistaa kustannusten jakamisen pidemmälle ajanjaksolle ja vähentää alkuinvestointien taloudellista painetta. Henkilöstölle tulisi järjestää koulutusta sähköisten ajoneuvojen käytöstä ja latausinfrastruktuurin hyödyntämisestä, jotta siirtyminen sujuisi mahdollisimman tehokkaasti. Lisäksi on tärkeää ottaa käyttöön järjestelmä, jolla seurataan sähköisen kaluston käytöstä saatavia säästöjä ja päästövähennyksiä. Säännöllinen raportointi auttaa arvioimaan siirtymisen vaikutuksia ja tekemään tarvittavia säätöjä.

Tiivis yhteistyö latausinfrastruktuurin tarjoajien, ajoneuvovalmistajien ja muiden sidosryhmien kanssa on olennaista, jotta siirtyminen sähköiseen kalustoon sujuu mahdollisimman tehokkaasti.

6.3 Pohdinta

Jos tekisin tutkimuksen nyt uudestaan, en oikeastaan tekisi sitä nyt, vaan olisi tärkeätä mennä ajassa vuosi tai kaksi eteenpäin, kun sähköinen kuljetuskalusto on selkeästi edistynyt, ja käytössä olisi enemmän sähköisiä kuorma-autoja. Useimmat tällä hetkellä käytössä olevat sähköiset kuorma-autot ovat muunnoksia, ja rakennettu polttomoottorikäyttöisille alustoille. Koska sähköisiä kuorma-autoja ei ole vielä kunnolla käytössä, on kokemuspohjaisen datan saaminen haasteellista. Tässä tutkimuksessa on käytetty vain yhtä lähdettä tämän osalta, ja useampien tietolähteiden käyttäminen lisäisi laskelmieni luotettavuutta.

Koska kalusto kehittyy tällä hetkellä nopeaan tahtiin, olivat kalustovalmistajat haluttomia antamaan tarkempia kulutus- ja kantamatkatietoja. Näiden suhteen on varmasti paljon parannettavaa, vaikkakin tutkimukseni lopputulokset ovat varmasti oikean suuntaisia ja lopputulema olisi todennäköisesti sama, sähköisellä kalustolla ajaminen on merkittävästi edullisempaa.

Opinnäytetyön laajuuden rajaaminen oli haastavaa. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia raskaan liikenteen elinkaaripäästöjä, mutta tässä mentäisiin työmäärän suhteen todennäköisesti jo diplomityön tasolle. Lisäksi jätin työn ulkopuolelle huoltokustannukset, koska sähköisen raskaan kaluston huollosta ei ole vielä tarpeeksi pitkän aikavälin dataa saatavilla. Toivon, että tämä opinnäytetyö toimisi hyvänä lisänä kuljetusyrittäjille, jotka eivät ole itse laatineet laskelmia, miten sähköiseen kalustoon vaihtaminen vaikuttaisi heidän liiketoimintaansa.

Opinnäytetyössä esitetyt tiedot perustuvat luotettaviin lähteisiin. Tulosten luotettavuutta ja yleistettävyyttä arvioitaessa on kuitenkin syytä huomioida, että epävarmuutta aiheuttavat raskaan liikenteen sähköistymiseen liittyvät asiat, koska luotettavaa tietoa asiasta ei ollut saatavilla käytössäni olleista lähteistä. Tekijät, joita olen joutunut itse miettimään ja päättelemään, on sähköisen kaluston kulutustiedot, koska luotettavaa tietoa asiasta ei ollut saatavilla käytössäni olleista lähteistä.

Lähteet

Autoalan tiedotuskeskus (2022). Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta.

Haettu 12.12.2024

https://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen_tiekartta_Tiivistelmaraportti_2022.pdf

Autoalan Tiedotuskeskus (2024). Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä.

Haettu 19.12.2024

https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys

Autoalan Tiedotuskeskus (2024). Tieliikenteen energiankulutus. Haettu 19.12.2024

https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energiankulutus/tieliikenteen_energiankulutus

Euroopan komissio (2021). Eurooppalainen ilmastolaki. Haettu 14.3.2024

<https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/summary/european-climate-law.html>

Euroopan komissio (2020). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Haettu 23.6.2024

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0789&from=nl>

Fingrid (2024). Sähkötuotannon ja -kulutuksen CO² päästöarviot. Haettu 8.2.2024

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Ghgprotocol.org (n.d.). Corporate standard. Haettu 14.12.2024

<https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja (2022). Kansallisen tieliikenteen päästökauppa.

Haettu 10.5.2024

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-754-9>

Lutsey, N. (2017). Integrating electric vehicles within U.S. and European efficiency regulations. Haettu 8.7.2024

<https://theicct.org/publication/integrating-electric-vehicles-within-u-s-and-european-efficiency-regulations/>

Lähteenmäki, P. (2024). Bensan hinta voi nousta yli 50snt/litra. Haettu 1.12.2024

<https://www.talouselama.fi/uutiset/bensan-hinta-voi-nousta-yli-50-snt-litra/09837c1f-924b-451d-b2da-0298a28c82da>

Kuljetusalajoki.com (n.d). Kuljetus P. Alajoki vie tavarat perille! Haettu 3.2.2024

<https://www.kuljetusalajoki.com/>

Latauskartta.fi (n.d.). Suurteholatauspaikat Suomessa. Haettu 18.7.2024

<https://latauskartta.fi/>

Maunula, N., Kokkonen, M. & Lahtinen, S. (2022). Sähköautojen ensirekisteröinnit kasvussa, mutta sähköautoja vielä harvoilla. Viitattu 19.12.2024

<https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/sahkoautojen-ensirekisteroinnit-kasvussa-mutta-sahkoautoja-viela-harvoilla>

Mennala, E. (2021). Sähköisten jakeluajoneuvojen vaikutukset kuljetusliikkeiden kannattavuuteen. [opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu]

<https://trepo.tuni.fi/handle/10024/131645>

Motiva (2024). Sähköautojen valmistuksen ja sen materiaalien ilmastovaikutukset. Haettu 8.2.2024

https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/sahkoautoillen_-_arjen_alykas_sahkoautoilu/ymparisto_ja_kierratys

Opinkirjo.fi (n.d.). Aineiston kerääminen ja tutkimusmenetelmät. Haettu osoitteesta 14.12.2024

[Aineiston kerääminen ja tutkimusmenetelmät – Opinkirjo](#)

Ourworldindata (n.d). Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from? Haettu 14.12.2024

<https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>

Suomen ilmastopaneeli (2024). Ilmastopaneelin raportti: Tieliikenteen kansallinen päästökauppa auttasi Suomea saavuttamaan päästövähennystavoitteet kustannustehokkaasti. Haettu 28.7.2024

<https://ilmastopaneeli.fi/ilmastopaneelin-raportti-tieliikenteen-kansallinen->

[paastokauppa-auttaisi-suomea-saavuttamaan-paastovahennystavoitteet-kustannustehokkaasti/](#)

Suomen ympäristökeskus (2024). Suomen ilmastopolitiikalla pyritään saavuttamaan ilmastotavoitteet. Haettu 13.9.2024

[https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-ilmastopolitiikalla-pyritaan-saavuttamaan-ilmastotavoitteet](#)

Sähköinen Liikenne ry (2024). Sähköisen liikenteen tilannekatsaus – Q3/2024. Haettu 6.3.2024

[https://teknologiateollisuus.fi/emobility/wp-content/uploads/sites/9/2024/10/2024-Q3-SahkoinenLiikenne-tilannekatsaus-2024-10-28-jaettava.pdf](#)

Sähköinen Liikenne ry (2023). Sähköisen liikenteen tilannekatsaus – Q4/2023. Haettu 19.12.2024

[https://teknologiateollisuus.fi/emobility/wp-content/uploads/sites/9/2024/07/Tilannekatsaus_Q4_2023.pdf](#)

Tanninen, J. (2023). Raskaan sähköisen liikenteen latausasema avattiin Tampereen Viinikassa. Haettu 6.3.2024

[https://yle.fi/a/74-20060245](#)

Tilastokeskus (2022). Kasvihuonepäästöt vähenivät vuonna 2022. Haettu 14.12.2024

[https://stat.fi/julkaisu/cl8d190lnb47r0bvqxg344apf0](#)

Tilastokeskus (2023). Suomi täyttänyt kasvihuonekaasujen päästövähennysvelvoitteensa. haettu 5.2.2024

[https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2022-03-17_tie_001_fi.html](#)

Tilastokeskus (2024). Ympäristötuet-tilasto tarkentaa vihreän siirtymän etenemistä. Haettu 14.12.2024

[https://stat.fi/tietotrendit/blogit/2024/ymparistotuet-tilasto-tarkentaa-kuvaa-vihrean-siirtoyman-etenemisesta](#)

Traficom (2024). Hae hankitatueta sähkö-, vety- ja kaasukäyttöiselle kuorma-autolle. Haettu 11.2.2024

<https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-vety-ja-kaasukayttoiselle-kuorma-autolle?toggle=Tuen%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4t%20s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6isen%20kuorma-auton%20vetyk%C3%A4ytt%C3%B6isen%20kuorma-auton%20ja%20s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6isen%20per%C3%A4vaunun%20hankintaan>

Traficom (2024). Liikennekäytössä olevat kuorma-autot – käyttövoimat ja päästöt

Haettu 19.12.2024

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-kuorma-autot-kayttovoimat-ja-paastot>

Traficom (2023). Liikenteen CO₂-päästöt liikennemuodoittain sekä maakunnittain. Haettu

6.6.2024

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-co2-paastot-liikennemuodoittain-seka-maakunnittain>

Työsuojelu (2017). Typpioksidi, HTP-arvon perustelumuistio. Haettu 15.4.2024

<https://tyosuojelu.fi/documents/154017715/168016640/Typpioksidi2017.pdf/8ce2e09d-5435-c60f-5847-eb32e3a20cb3/Typpioksidi2017.pdf?t=1532499774557>

Liite 1. Aineistonhallintasuunnitelma

Opinnäytetyön aineistonhallintasuunnitelma

Opinnäytetyön nimi:

Kuljetuskaluston päästölaskelmat ja taloudelliset hyödyt siirryttäessä sähköiseen kalustoon

Opinnäytetyön tekijä:

Jaakko Leimio

1 Opinnäytetyön aineiston kuvaus

- Mikä on aineistonhankinnan menetelmä: haastattelututkimus, mittaaminen, tilastot, kuvalliset aineistot, valmiit aineistot (tilastot yms.)
- Tutkimuksen lähteenä käytetään traficomin ja tilastopalvelujen tuottamaa dataa, lisäksi asiakalta saamaa dataa.
- Tuotetaan tekstinä, tallennetaan pdf:ksi

2 Aineiston tallennus ja säilytys

Tutkielma tallennetaan kotikoneelle sekä hamkin tarjoamalle pilvipalvelulle. Tietoa käsittelem vain kotona. Tietoturvasta vastaan avastin virusjärjestelmä sekä windowsin oma palomuuuri. Toimeksiantajan kanssa on sovittu sopimun kestävän 31.12.2024 asti ja työ palautetaan myös toimeksiantajalle työn valmistuttua.

3 Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely

- Opinnäytetyössä ei käsitellä henkilötietoja.

4 Aineiston omistajuus

- Aineiston omistaa tilaaja ja tekijän oikeus säilyy kirjottajalla. Tilaajan kanssa on sovittu materiaalin jakamisesta.

5 Aineiston jatkokäyttö työn valmistumisen jälkeen

Vaihtoehtoja on kaksi:

1. Tutkimusaineistoasi ei anneta jatkokäyttöön.