

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikan insinööri

2020

Luukas Allonen

CITYLOGISTIIKAN UUDET RATKAISUT – SÄHKÖAVUSTEINEN RAHTIPYÖRÄ

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikan insinööri

2020 | 46 sivua, 9 liitesivua

Luukas Allonen

CITYLOGISTIIKAN UUDET RATKAISUT – SÄHKÖAVUSTEINEN RAHTIPYÖRÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähköavusteisten rahtipyörien käytettävyyttä logistiikkaketjun viimeisen vaiheen, eli niin sanotun viimeisen kilometrin, kuljetuksissa. Tarkoituksena oli rakentaa rahtipyörään monilämpökuormatila, ja arvioida soveltuvuutta esimerkiksi vanhusten ruokapalveluun. Työ tehtiin 6Aika kaupunkikehittämisen strategian Citylogistiikan uudet ratkaisut -hankkeelle.

Työ toteutettiin kokoamalla tietoa jakelutoiminnan vaikutuksista, esimerkiksi talouteen ja päästöihin, niihin vaikuttavista tavoitteista ja vaatimuksista, sekä sähköavusteisissa rahtipyörissä käytettävästä tekniikasta. Seuraavaksi kerrottiin suunnitellusta kokeilusta sähköavusteisella rahtipyörällä – ja sen korvanneesta kokeilusta täyssähköpakettiautolla. Lopuksi tulosten perusteella arvioidaan pyörän käytettävyyttä ja käyttökohteita, sekä esitellään esimerkkejä käytöstä nykyisellään.

Työn tulokseksi saatiin tietoa sähköavusteisen rahtipyörän käytön vaikutuksista palveluntarjoajalle, jakelualueelle ja ympäristölle – jotka ovat pääosin positiivisia, kunhan jakelukohteiden tiheys on tarpeeksi suuri – sekä vaatimuksista toiminnan kannattavuudelle.

Tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa vaihtoehtoisia tekniikoita ympäristöystävällisemmille ja edullisemmille kuljetuksille erityisesti kaupunkialueelle sijoittuvassa toiminnassa.

ASIASANAT:

rahtipyörä, kuljetusala, elintarvikekuljetus, sähköajoneuvot, päästöt

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2020 | 46, 9 in appendices

Luukas Allonen

NEW SOLUTIONS IN CITY LOGISTICS – ELECTRIC CARGO BIKE

The aim of this thesis was to evaluate the usability of electric cargo bikes in the last part of the logistics chain, i.e. last mile delivery. The aim was to build a multi-temperature cargo compartment for the bike and to evaluate its suitability for activities such as food service for the elderly. The work was done for the 6Aika urban development strategy's New solutions in city logistics project.

The work was carried out by firstly collecting information on the effects of cargo transportation on the economy and environment, the targets and requirements that affect them, and the technology used in electric cargo bikes. The following part contains information on the planned experiment with a cargo bike – and the results of the substitute experiment with an electric van. Finally the usability and potential applications of cargo bikes were evaluated, and few examples of existing use presented.

The result was information on the effects of the use of an electric cargo bike on the service provider, the area of distribution and the environment – which were shown to be mainly positive as long as the density of distribution destinations is high enough – as well as on the requirements for profitability of operations.

The results can be used in evaluating alternative technologies for more environmentally friendly and cost-effective cargo transportation, especially in urban areas.

KEYWORDS:

cargo bike, transport industry, food transportation, electric vehicles, emissions

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 KULJETUSALA	9
2.1 Talous	9
2.2 Energiankulutus	9
2.3 Päästöt	10
2.4 Ajoneuvot	11
3 PÄÄSTÖT JA PÄÄSTÖTAVOITTEET	12
3.1 Kaupunkien päästöt	12
3.2 Päästötavoitteet	13
3.3 Liikenteen päästötavoitteet	14
4 KAUPUNKIKEHITTÄMISEN STRATEGIA 6AIKA	16
5 VIIMEISEN KILOMETRIN KULJETUKSET	17
5.1 Talous ja kustannukset	17
5.2 Haasteita jakelun toteuttamisessa	18
5.3 Luvat ja lait	19
5.4 Käytettävien ajoneuvojen päästöistä	20
6 SÄHKÖAVUSTEINEN RAHTIPYÖRÄ	22
6.1 Sähkökäyttö	23
6.2 Sähköavusteisissa polkupyörissä käytetty tekniikka	26
7 SÄHKÖAVUSTEISEN RAHTIPYÖRÄN KOKEILU	27
7.1 Pyörämallit	27
7.2 Kuormatila	28
8 KOKEILU TÄYSSÄHKÖPAKETTIAUTOLLA	31
8.1 Mittaustuloksia	31
8.2 Laskelmia	32
8.3 Ongelmia	32

8.4 Tulosten vertailua polttomoottorikäyttöisen pakettiauton ja sähköavusteisen polkupyörän tietoihin	33
8.4.1 Energiankulutus	34
8.4.2 Ilmastovaikutukset	34
8.4.3 Muuta huomioitavaa	35
9 KÄYTTÖKOHTEITA JA VAIKUTUKSIA	37
9.1 Esimerkkejä käytöstä maailmalla ja Suomessa	37
9.2 Esimerkkejä mahdollisista käyttökohteista	38
9.3 Polkupyörät osana logistiikkaketjua	39
10 LOPUKSI	41
LÄHTEET	43

LIITTEET

- Liite 1. Täyssähköpakettiautokokeilun tulokset ja laskelmat
Liite 2. Turun kaupungin terveystarkastajan sähköpostihaastattelu

KAAVAT

Kaava 1. Lämpöeristetyn laatikon sisätilavuuden arvio.	29
Kaava 2. Kuormatilan mittojen vaikutusta tilavuuteen.	29
Kaava 3. Kuormatilan mittojen kasvattamisen vaikutusta tilavuuteen.	30

KUVAT

Kuva 1. Esimerkki kaksipyöräisestä Long John rahtipyörästä (Endoro 2016).	22
Kuva 2. Esimerkki kolmipyöräisestä rahtipyörästä (Munk 2016).	23

KUVIOT

Kuvio 1. Pysäköintimittausten tuloksia pakettiautolla Helsingissä (HSL 2016, Tapanisen 2018, 100 mukaan).	19
Kuvio 2. Pysäköintimittausten tuloksia – arvot liitteestä 1.	33

TAULUKOT

Taulukko 1. Energiankulutuksen jakautumista (European Commission 2018, 119–120).	9
Taulukko 2. Polttoaineiden kulutuksen jakautumista (European Commission 2018, 122).	10
Taulukko 3. Liikenteen päästöjen jakautumisesta 2016 (European Commission 2018, 124, 136, 152).	10
Taulukko 4. Vuonna 2017 ensirekisteröityjen ajoneuvojen määrästä luokittain (European Commission 2018, 93).	11
Taulukko 5. Hankekonsortion kaupunkien kulkumuotojakaumasta (Itämaäki 2019, 37).	12
Taulukko 6. Hankekonsortion kaupunkien kokonais- ja asukaskohtaiset päästöt (ilman teollisuutta) (Itämaäki 2019, 35).	12
Taulukko 7. Hankekonsortion päästöistä (Deloitte 2018, 65, 67, 70).	13
Taulukko 8. Hankekonsortion kaupunkien väestötiheys (Tilastokeskus 2019b; 2019c).	18
Taulukko 9. Gevaersin ym. (2009, 408) laskelmia väestötiheyden ja kuljetusyksikön kustannusten välisestä suhteesta *laskelman tekijöiden kohdemaan (Belgia) väestötiheyden takia	18
Taulukko 10. Tavaraliikenneluokan päästöistä *lukuun ottamatta kansainvälistä meriliikennettä (European Commission 2018, 131).	20
Taulukko 11. Riese & Müller Packster 80 vario -mallin ominaisuuksia (Riese & Müller n. d.).	28
Taulukko 12. Määräaikaishuollot 15 tuhannella vuosikilometrillä (Metroauto n. d.).	36

KÄYTETYT LYHENTEET

CO ₂	Hiilidioksidi
CO ₂ -ekv	Hiilidioksidiekvivalentti
EU	Euroopan unioni
GHG	Greenhouse gas, kasvihuonekaasu
NO _x	Typen oksidit
PM	Pienhiukkaset
TOE	Öljyekvivalenttitonni
TTW	Tank-to-Wheels, tankista pyörille
WLTP	Worldwide harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure, päästömittausten menetelmä (Traficom 2019c)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää sähköavusteisen rahtipyörän käytettävyyttä elintarvikekuljetuksissa, kuten vanhusten ruokapalvelussa, siihen rakennettavan monilämpökuormatilan kanssa. Työ tehdään osana Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteisen kaupunkikehittämisen strategian (6Aika) Citylogistiikan uudet tavoitteet -hanke.

Tavoitteena on selvittää, onko sähköavusteinen rahtipyörä varteenotettava vaihtoehto elintarvikealalla logistiikkaketjun viimeisessä vaiheessa, eli niin kutsutuissa viimeisen kilometrin kuljetuksissa, avata syitä vaihtoehtoisen tekniikan etsimiselle, sekä arvioida sen vaikutuksia ja mahdollisia käyttökohteita.

Työhön kootaan tietoa jakelutoiminnan vaikutuksista esimerkiksi päästöjen ja talouden kannalta, tarkastellen niitä työn tilanteen hankekonsortion kuntien ja Suomen valtion osalta, sekä vertaillen näitä Euroopan unionin tietoihin. Lisäksi esitellään sähköavusteisissa rahtipyörissä käytettävää tekniikkaa, jakelutoimintaan liittyviä vaatimuksia esimerkiksi lainsäädännön osalta, sekä kerrotaan suunnitellusta kokeilusta sähköavusteisella rahtipyörällä – ja sen korvanneen kokeilun tuloksista täyssähköpakettiautolla. Lopuksi tulosten perusteella arvioidaan pyörän käytettävyyttä ja käyttökohteita, sekä esitellään esimerkkejä käytöstä nykyisellään.

Viimeisen kilometrin jakelua pidetään logistiikkaketjun yhtenä kalleimpana, tehottomimpana ja eniten saastuttavana osana. Keinoja vähentää liikenteen päästöjä on käsitelty lokakuussa 2020 ilmestyneessä Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän raportissa. Keinot ovat osana mahdollistamassa Suomen valtion, ja hankekonsortion kaupunkien, hiilineutraalisuustavoitteita seuraavan 9–15 vuoden aikana.

2 KULJETUSALA

Liikenne on suurista sektoreista ainoa, jonka hiilidioksidipäästöt ovat nousseet vuoden 1990 tasosta Euroopan unionin alueella. Nousua on noin 25 prosenttia. Energia-, teollisuus-, kotitalous- ja maatalous & metsätalous -sektoreiden hiilidioksidipäästöt samalla aikavälillä ovat laskeneet noin 20–50 prosenttia. Vuonna 2016 Euroopan unionin maissa tavarankuljetuksia on arvioitu olleen yhteensä 3 661 miljardia tonnikipometriä. Näistä lähes puolet oli tieliikennekuljetuksia. Kuljetusten määrä on myös kasvanut jatkuvasti, ja tilastojen alkuvuodesta (1990) nousu on ollut noin prosentin luokkaa joka vuosi. (European Parliament 2019; European Commission 2018, 19, 21.)

2.1 Talous

Suomen työvoimasta 145 tuhatta työskentelee kuljetusalalla. Näistä 45 tuhatta on tavarankuljetusalalla, jolla toimii lähes puolet koko kuljetusalan yrityksistä, eli noin 9 600 yritystä, ja jonka liikevaihto on yhteensä 6,1 miljardia euroa. Maaliikenteen kuljetuksista lähes kolme neljäsosaa on tieliikennettä. (European Commission 2018, 24–26, 37.)

2.2 Energiankulutus

Liikenne kuluttaa kolmanneksen kaikesta energiasta Euroopan unionin alueella, ja tieliikenne tästä 82 prosenttia. Tieliikenteen osuus energiankulutuksesta on enemmän kuin esimerkiksi kotitalouksien (Taulukko 1). Erilaisia polttoaineita käytettiin viimeisimmissä tilastoissa yhteensä noin 1 600 Mtoe, josta vähän yli kolmasosa oli öljyä. Öljystä noin 17 prosenttia oli alueella tuotettua, loput tuotua. (European Commission 2018, 119–120.)

Taulukko 1. Energiankulutuksen jakautumista (European Commission 2018, 119–120).

Vuoden aikana kulutettu energia (Mtoe)			
	Liikenne	Tieliikenne	Kotitaloudet
Suomi	5.0	4.0	5.3
EU	367.3	300.2	248.4

Suomessa liikenteen osuus oli hieman yllättäen pienempi, ottaen huomioon matalan väestötiheyden. Teollisuus kulutti yli kaksinkertaisen määrän ja kotitalouksetkin kuluttivat hieman enemmän. Kotitalouksien osuutta kuitenkin selittää ainakin pohjoinen ilmasto.

Taulukko 2. Polttoaineiden kulutuksen jakautumista (European Commission 2018, 122).

Vuoden aikana (ktoe)			
	Diesel (ja maa- kaasu)	Bensiini	Yhteensä
Suomi	2640.0	1358.0	3998.0
EU	206 900.0	77 299.0	284 199.0

Suomessa vuonna 2016 liikenteessä kulutetun polttoaineen määriä on taulukossa 2. Kulutetuista biopolttoaineista hieman yli 60 prosenttia oli biodieseliä, ja loput biokaasua. Bensiiniä kulutettiin kuitenkin lähes kahdeksan kertaa enemmän, ja dieseliä vielä tuplasti tämä määrä.

2.3 Päästöt

Euroopan unionin alueen kasvihuonekaasupäästöistä (taulukko 3) yli neljäsosa on liikenteestä. Suomessa kaiken liikenteen osuus on hieman vähemmän, ollen kuitenkin myös noin neljäsosan luokkaa. Tästä lähes 80 prosenttia on peräisin tieliikenteestä. Luku on molemmilla alueilla jonkin verran enemmän kuin liikenteen osuus energiankulutuksesta. Liikenteen päästöjen suhteellisen suurta osuutta sen kuluttamaan energiaan verrattuna kuitenkin selittää esimerkiksi uusiutuvan energian suurempi osuus sähköntuotannossa.

Taulukko 3. Liikenteen päästöjen jakautumisesta 2016 (European Commission 2018, 124, 136, 152).

	Vuoden aikana GHG (miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv)			Vuoden aikana CO ₂ (miljoonaa tonnia)		
	Kaikki	Liikenne	Tieliikenne	Kaikki	Liikenne	Tieliikenne
Suomi	60.8	15.5	11.9	50.8	15.4	11.8
EU	4 440.8	1 226.4	883.2	3 782.6	1 212.7	873.2

Suomen hiilidioksidipäästöistä liikenteen osuus on hieman suurempi, ollen vajaa kolmanneksen, tieliikenteen osuus tästä on kuitenkin vastaavasti noin kolme neljäsosaa.

2.4 Ajoneuvot

Vuonna 2017 ensirekisteröidyistä tavaraliikenteen ajoneuvoista pakettiautoluokkaan (N1) kuului Suomessa ja Euroopan unionin alueella noin 80–85 prosenttia. Kokonaismäärät taulukossa 4. Sähköavusteinen rahtipyörä todennäköisimmin korvaisikin juuri tämän näistä luvullisesti suurimman luokan ajoneuvoja. Tavaraliikenteen ajoneuvot muodostivat noin kymmenen prosenttia kaikista ajoneuvoista, joita rekisteröitiin Suomessa samana vuonna yhteensä noin 193 tuhatta (Traficom 2019a).

Taulukko 4. Vuonna 2017 ensirekisteröityjen ajoneuvojen määristä luokittain (European Commission 2018, 93).

	Tavaraliikenteen ajoneuvot yhteensä	
		Pakettiautoluokka (N1)
Suomi	19 069	15 689
Euroopan unioni	2 377 705	2 008 138

Vuonna 2019 Suomessa rekisteröidyissä 14 702 pakettiautoissa neljä yleisintä käyttövoimaa olivat diesel (14 396), bensiini (189), sähkö (58) ja maakaasu (57). Muilla käyttövoimilla kulkevia, kuten ladattavat hybridit, rekisteröitiin yhdestä nollaan kappaletta. (Tilastokeskus 2019a.)

3 PÄÄSTÖT JA PÄÄSTÖTAVOITTEET

Kahden viimeisimmän selvitysvuoden mukaan hankkeessa mukana olevien kaupunkien taulukossa 5 esitellyissä kulkumuotojakautumissa on autoilun osuus noussut vain Turussa. Turku on myös ainoa kolmesta, jossa pyöräilyn osuus on laskenut. Muuten pyöräilyn osuus on kaikissa kolmessa samaa luokkaa, eli noin kymmenes kulkumuodoista.

Taulukko 5. Hankekonsortion kaupunkien kulkumuotojakaumasta (Itämäki 2019, 37).

	Turku (2008 & 2016)	Helsinki (2014 & 2018)	Tampere (2012 & 2016)
Auto (%)	47 & 49	22 & 20	49 & 44
Pyörä (%)	13 & 10	11 & 11	6 & 10

Autoilun osuus on suurin, lähes puolet, Turussa. Tampere on melko lähellä, mutta Helsingissä sen osuus on vain viidennes.

3.1 Kaupunkien päästöt

Helsingin kaupungin kasvihuonekaasujen kokonaismäärä on kolmesta kaupungista reilusti suurin – lähes kolminkertainen kahden muun lukuihin verrattuna (taulukko 6). Informatiivisemmissä asukaskohtaisissa päästöissä Helsinki on myös kärjessä, mutta Turun luku on lähes yhtä suuri. Tampereella on päästy hieman parempaan noin kymmenyksen alhaisempaan lukemaan.

Taulukko 6. Hankekonsortion kaupunkien kokonais- ja asukaskohtaiset päästöt (ilman teollisuutta) (Itämäki 2019, 35).

	Vuoden aikana (kilotonnia CO ₂ -ekv)		
	Turku	Helsinki	Tampere
Kokonais	722	2 307	802
Asukasta kohden	3,8	3,9	3,5

Tilaston lähtövuodesta (2011) kaikkien kolmen kaupungin päästöt, niin kokonais kuin asukaskohtaisetkin, ovat kuitenkin laskeneet hieman. Tosin yksittäisinä vuosina myös kasvua on ollut.

3.2 Päästötavoitteet

Turun kaupungin ilmastostrategiassa (Varsinais-Suomen ilmasto-ohjelma) ja Tampereen kaupungin ilmastostrategiassa (Tampereen seudun ympäristöstrategiaa) hiilineutraalisuustavoitteella tarkoitetaan samaa 80–95 % päästövähennystä vuoden 1990 tasosta, ja jäljelle jäävien päästöjen kompensointia. Strategioiden kesto on sama 12 vuotta, mutta Turun strategia otettiin käyttöön vuotta aiemmin (2017) joten myös tavoitevuosi on hieman lähempänä. (Deloitte 2018, 67, 70.)

Helsingin kaupungin ilmastostrategiassa (Pääkaupunkiseudun ilmastostrategia) puolestaan on hiilineutraalisuustavoitevuosi vielä viisi vuotta Tampereen tavoitteen jälkeen. Tavoitteen vertailuvuosi on sama, mutta päästövähennystavoitteeksi ilmoitetaan muiden kaupunkien alin tavoite: 80 %. Tässäkin tavoitteessa loput voidaan kompensoida. Kuten taulukosta 7 selviää, on Helsingin hiilidioksidipäästöjen lasku vähäisintä. Helsingin strategiassa on maininta, että lopullinen tavoite on se, ettei mitään päästöjä kompensoida. (Deloitte 2018, 65.)

Taulukko 7. Hankekonsortion kaupunkien päästöistä (Deloitte 2018, 65, 67, 70).

	Turku	Helsinki	Tampere
Hiilineutraalisuustavoitevuosi	2029	2035	2030
CO₂ päästöjen lasku välillä 2010–2016 (%)	31	20	27

Osana Euroopan unionia Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan, jossa sitoudutaan muun muassa EU:n hiilineutraalisuuteen ennen vuotta 2050. Suomen valtiolla on kuitenkin omana tavoitteena hiilineutraalisuus 15 vuotta aikaisemmin, vuonna 2035. Lisäksi Suomen hallitusohjelmassa on kahdeksan muutakin tavoitetta, joista jakelutoimin-

taan – ja sähköavusteisen rahtipyörän käyttöön siinä – erityisesti vaikuttavia ovat pyrkimys maailman ensimmäiseksi fossiilivapaaksi hyvinvointiyhteiskunnaksi (Tavoite 2), joka vaikuttaa ainakin monien vaihtoehtoisten kuljetusmuotojen päästöihin vähentämällä niitä sähköntuotannossa, sekä osana tavoitetta 4 oleva sähköautojen latausinfrastruktuurin rakentamistuen jatko ja korotus. (Valtioneuvosto n. d.)

3.3 Liikenteen päästötavoitteet

Liikenteen päästöjen puolittamiseen vuoteen 2030, ja nollapäästöiseksi muuttamiseen vuoteen 2045, mennessä vaadittavien keinojen tunnistamista varten liikenne- ja viestintäministeriön loppuvuodesta 2019 asettaman fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän 27.10.2020 julkaistusta raportista kuljetuspäivillä 29.10.2020 pidetyssä esitelmässä Ilmastopolitiikan näkymät kuljetusalalla – Saara Jääskeläinen (Yksityinen sähköpostiviesti 21.11.) kerrottiin tarvittavista toimista, ja niiden vaikutuksista. Raportissa esitellään toimia tavoitteisiin pääsemiseksi, joita ovat esimerkiksi vaihtoehtoiset käyttövoimat, liikennevälineiden ja -järjestelmän energiatehokkuus, ja liikenteen hinnoittelu.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien osalta esitetään toimiksi uusiutuvien polttoaineiden osuuden kasvattaminen, energiakulutuksen merkittävä vähentäminen, biokaasun käytön huomattava lisäys ja sähköautojen määrän lisäys jopa 600 000–700 000 autoon vuonna 2030 (joista valtaosa täyssähköautoja). Keinoiksi näihin tavoitteisiin pääsemiseksi esitetään auto- ja ajoneuvoveron muutokset, määräaikaiset hankintatuet ja polttoaineveron muutokset, tai liikenteen päästökauppa. Maininnan saa myös sähköautojen latausinfrastruktuurin kehittäminen.

Toimiksi liikennevälineiden energiatehokkuutta edistämään esitetään auto-kannan uudistumista – johon ohjataan voimakkaammalla hiilen hinnoittelulla, muutoksilla verotuksessa, sekä muilla taloudellisilla ohjauskeinoilla, kuten hankintatuet ja romutus-palkkiot.

Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden kannalta tavoitteena on, etteivät henkilöautojen suoritteet, eli ajoneuvokilometrit, enää kasva vuoden 2020 jälkeen. Opinnäytetyön aiheen osalta erityisesti merkittävää ovat tavoitteet tavaraliikenteessä huomattavaan energiankäytön tehostumiseen ja siirtymään raiteille ja vesille. Lisäksi raportissa suositellaan joukkoliikenteen ja kävelyn lisäksi pyöräilyn osuuden merkittävää kasvattamista,

jolla voi olla huomattavaa vaikutusta jo pyörän käytettävyyteenkin, esimerkiksi pyöräkaistojen myötä.

Työryhmän loppuraportin ja vaikutusarvioiden pohjalta julkaistaan alkuvuodesta 2021 tiekartta fossiilittomaan liikenteeseen, jossa keskitytään tieliikenteeseen.

4 KAUPUNKIKEHITTÄMISEN STRATEGIA 6AIKA

6Aika on Suomen kuuden suurimman kaupungin – Helsingin, Espoon, Vantaan, Tampereen, Turun ja Oulun – yhteinen kestävä kaupunkikehittämisen strategia. Vastamme strategialla haasteisiin, joita kaupungistuminen tuo. Haluamme kehittää kaupunkejamme entistä älykkäämmiksi ja vastata palveluilla kaupunkilaisten aitoihin tarpeisiin. (6Aika n. d.)

6Aika: Citylogistiikan uudet ratkaisut (New solutions in city logistics) on hankesuunnitelman mukaan (Yksityinen sähköpostiviesti 10.12.2019) strategian elokuussa 2018 alkanut hanke, jonka tavoitteena on pilotoida erilaisia kustannustehokkaita ja kestäviä niin kutsutun viimeisen kilometrin kevyitä ja autonomisia logistiikkaratkaisuja, arvioida niiden liiketoimintamahdollisuuksia, sekä edesauttaa uusien palvelukokonaisuuksien syntyä. Lisäksi tavoitteena on löytää uusia toimintamalleja perinteiseen yhteistyöhön eri toimijoiden välille, ja näin vastata yritysten tarpeisiin. Hanke päättyy vuoden 2020 loppussa. Hankkeen toiminta tukee kaupunkien ilmastostrategioita, sekä parantaa niiden asukkaiden turvallisuutta ja viihtyvyyttä vähentämällä autoliikennettä.

Hankekonsortion muodostavat päähakijana toimivan Turun kaupungin lisäksi Forum Virium Helsinki Oy, Turun ammattikorkeakoulu Oy, Varsinais-Suomen liitto ja Tampereen ammattikorkeakoulu.

5 VIIMEISEN KILOMETRIN KULJETUKSET

Maailman väestöstä yli puolet asui kaupungeissa vuonna 2014, suomalaisista kaupungeissa asui 69 prosenttia vuotta tuoreemmissa tilastoissa (Tapaninen 2018, 87). Yli kaksi kolmasosaa suomalaisista (ja lähes neljä miljardia maailmassa) asuu siis alueilla, joissa kuljetuksissa ja elintarvikekuljetuksissa kuljetusketjun viimeisen vaiheen – viimeisen kilometrin – jakeluissa etäisyydet jäävät monilla toimijoilla niin lyhyiksi, ettei käytetyltä kuluneuvolta välttämättä tarvita ollenkaan mahdollisuutta suuriin ajonopeuksiin. Huomionarvoista on myös se, että kuljetusten ympäristöystävällisyyden puolesta 82 prosenttia Valonian kyselyyn vastanneista hyväksyisi hitaamman kuljetuksen, ja 50 prosenttia olisi valmiina maksamaan lisää (Väisänen & Moilanen 2020).

5.1 Talous ja kustannukset

Kuljetus- ja varastointisektori on merkittävä niin talouden kuin työllistämisaikutuksenkin kannalta, työllistäen Euroopan unionin maissa noin 11,5 miljoonaa henkilöä. Näistä 16 % työskentelee posti- ja kuriiritoiminnassa. Suomessa koko kuljetussektorin 145 tuhannesta työntekijästä posti- ja kuriiritoiminta työllittää noin 19 tuhatta, sektorin 21 tuhannesta yrityksestä alalla toimii 352, ja sen 22,5 miljardin euron liikevaihdosta alan osuus on 1,4 miljardia. (European Commission 2018, 19, 24–26.)

Toimitusketjussa viimeisen kilometrin kuljetuksia pidetään logistiikkaketjun kalliina, sekä tehottomimpana ja eniten saastuttavana osana Gevaersin ym. mukaan (2014, 398). Viimeisen kilometrin osuus logistiikkaketjun kokonaiskustannuksista on monista osatekijöistä riippuen 13 ja 75 prosentin välillä (Gevaers ym. 2009, 4).

Gevaersin ym. (2014, 409–410) mukaan rahtipyörää käytettäessä voidaan olettaa matalampia matkakuluja, keskimäärin vähemmän kilometrejä, mutta tiheästi asutetuilla alueilla vastaavia toimitusmääriä kuin pakettiautoilla. Yksikön kuljetushinnaksi muodostuu 1,60 euroa, joka on noin 45 prosenttia vähemmän kuin kuljetusten keskihinta kaupungeissa (2,91 euroa). Kyseiselle kuljetushinnalle on kuitenkin ehtoja, kuten 70 pakettia ja 50 kilometriä päivässä, sekä yli 1500 asukasta neliökilometriä kohden jakelualueella.

Taulukko 8. Hankekonsortion kaupunkien väestötiheys (Tilastokeskus 2019b; 2019c).

Väestötiheys (as/km ²)		
	Kaupunki	Keskustaajama
Turku	785,5	980,3
Helsinki	3051,7	1912,2
Tampere	453,6	1223,1

Kuten taulukosta 8 selviää, hankkeen kaupungeista vain Helsinki ylittää vaatimukseen yli 1500:n väestötiheydestä, joten yksikköhinta todennäköisesti nousisi korkeammaksi Turun ja Tampereen alueilla.

Taulukko 9. Gevaersin ym. (2009, 408) laskelmia väestötiheyden ja kuljetusyksikön kustannusten välisestä suhteesta *laskelman tekijöiden kohdemaan (Belgia) väestötiheyden takia

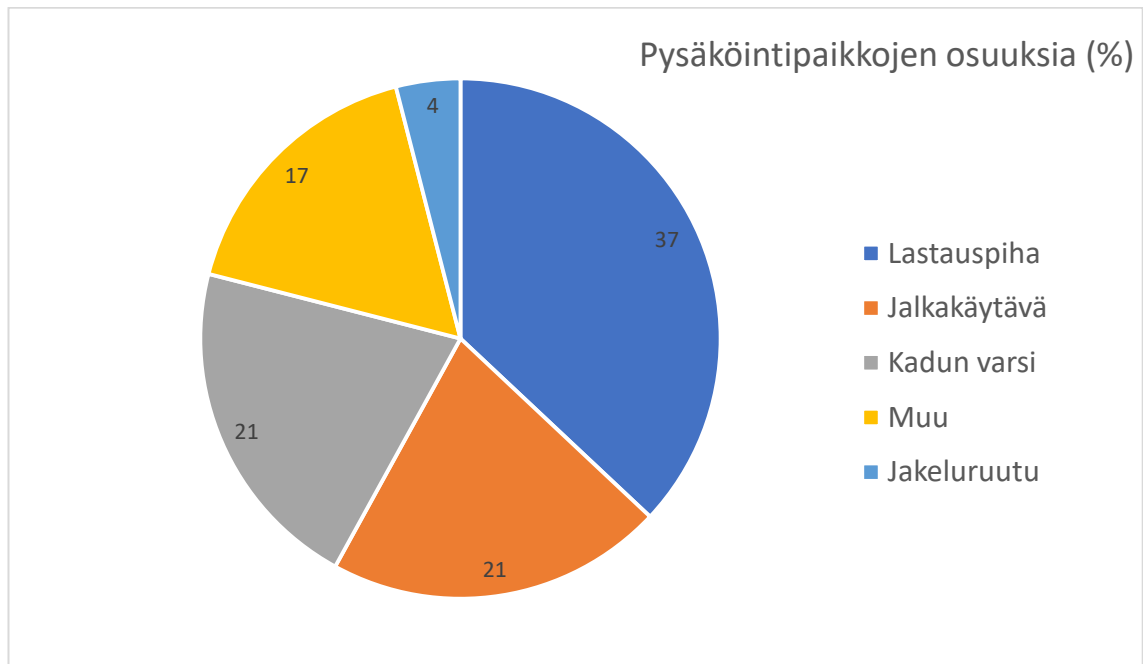
as / km ²	€ / toimitus	as / km ²	€ / toimitus
0 – 50	7,75	601 – 800	2,96
51 – 200	4,17	801 – 1000	2,87
201 – 333*	3,87	1001 – 1200	2,81
334 – 400	3,55	1201 – 1500	2,79
401 – 600	3,12	> 1500	2,75

Yllä olevasta taulukosta 9 selviää väestötiheyden vaikutuksia kustannuksiin nykyisillä jakelumenetelmillä. Näissä Turku sijoittuu koko kaupungin osalta luokkaan 2,96 euroa toimitusta kohden ja keskustaajaman osalta 2,87, Tampereen luvut 3,12 ja 2,79. Helsingissä molemmat edullisimmassa luokassa, eli 2,75 euroa.

5.2 Haasteita jakelun toteuttamisessa

Jakelukuljetuksien yksi suurista ongelmista suomalaisissa kaupungeissa on lastauspaikkojen puute – erityisesti asuintaloihin kohdistuvassa jakelussa. Suomen tieliikennelaki periaatteessa kieltää jalkakäytävillä ja pyöräteillä pysäköinnin, mutta käytännössä se on sallittu suuressa osassa tapauksia (Tapaninen 2018, 100–101). Helsingissä jakeluyritysten pakettiautoilla tehdyissä kuljetuksissa viivästyksistä yli 40 % on johtunut siitä, ettei

pysähtymispaikkaa löydy, silti, kuten kuviosta 2 on luettavissa, vähintään joka viidennellä kerralla pakettiautot ovat joutuneet pysäköimään jalkakäytävälle (HSL 2016, Tapanisen 2018, 100 mukaan)



Kuvio 1. Pysäköintimittausten tuloksia pakettiautolla Helsingissä (HSL 2016, Tapanisen 2018, 100 mukaan).

Pysäköintipaikoissa toimituksen ajaksi huomioitavaa on ainakin jalkakäytävän suuri osuus. Mittauksissa on kuitenkin otettu huomioon kaikki toimitukset pakettiautolla, eikä esimerkiksi lastauspiha, joka mittauksissa yleisin tapa, ole opinnäytetyössä tutkittavassa toiminnassa yleisesti vaihtoehtona.

5.3 Luvat ja lait

Elintarvikekuljetuksia, kuten muutakin alaan liittyvää toimintaa, säädellään asiakkaiden turvallisuuden varmistamiseksi. Suomessa elintarvikekuljetuksia sääteleviä tekijöitä ovat ATP-sopimus, joka säätelee helposti pilaantuvia kansainvälisiä kuljetuksia ja niissä käytettävää kalustoa, Liikenne- ja viestintäministeriö, jonka tehtävänä ylläpitää, ohjata ja tukea liikennejärjestelmää, Elintarviketurvallisuusvirasto, joka suunnittelee, kehittää, ohjaa ja suorittaa elintarvikevalvontaa elintarvikelain mukaisesti, elintarvikeviranomaiset, joilta

haetaan hyväksyntä laitteiston ja omavalvontasuunnitelman osalta, Kauppa- ja teollisuusministeriö, joka vastaa yritysten toimintaedellytysten tasosta, sekä Tulli, joka valvoo kansainvälisiä tavaravirtoja. (Tavaraliikenneyrittäjä 2016, 376–384.)

Näistä tässä opinnäytetyössä tutkitun kaltaiseen jakelun suorittamiseen suoraan vaikuttavia ovat Liikenneministeriö, Elintarviketurvallisuusvirasto, sekä Kauppa- ja teollisuusministeriö. Liitetiedoista löytyy Turun kaupungin terveystarkastajan sähköposti (Sanna Stark, sähköpostikeskustelu 13.3.2020), jossa todetaan ettei toiminnalle ole eslettä, kunhan noudatetaan siinä mainittuja asioita.

5.4 Käytettävien ajoneuvojen päästöistä

Euroopan unionin kaikista päästöistä lähes neljäsosa on luokassa liikenne, joista puolestaan luokassa tavaraliikenne (kaupallisten ja instituutionaalisten toimijoiden) on noin 15 prosenttia. Suomessa saman luokan päästöt ovat hieman alle kahdeksan prosenttia liikenteen päästöistä, joiden osuus kaikista päästöistä on hieman alle neljäsosan. Luvut taulukossa 10. Matkustajaliikenteen osuus EU:ssa on yli kaksi ja puoli kertaa tavaraliikenteen verran, kun taas Suomessa kerroin on vain noin 1,4. Hiilidioksidipäästöistä tavaraliikenneluokassa on lähes 30 prosenttia. (European Commission 2018, 131–149.) Posti- ja kuriiritoiminnan kasvihuonekaasupäästöt ovat hieman alle 47 000 tonnia CO₂-ekv, joten luokan päästöt ovat hieman alle viisi prosenttia tavaraliikenteen päästöistä (Tilastokeskus 2018).

Taulukko 10. Tavaraliikenneluokan päästöistä *lukuun ottamatta kansainvälistä meriliikennettä (European Commission 2018, 131).

	Vuoden aikana (miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv)	
	Liikenne*	Tavaraliikenne
Suomi	14.6	1.1
EU	1 079.5	160.2

Euroopan unionin tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä pakettiautoluokan (N1) osuus on noin 12 prosenttia (European Commission 2018, 139).

Dieselautojen pakokaasupäästöjen – erityisesti NO_x, eli typen oksidi – on arvioitu aiheuttaneen 10 000 yli 30-vuotiaan ennenaikaista kuolemaa vuonna 2013 EU maissa

(+Sveitsi). Suurimmat ongelmat dieselautojen pakokaasupäästöissä terveyden suhteen ovat PM ja NO_x päästöt, joiden tiedetään aiheuttavan muun muassa syöpäsairauksia, hengitystiesairauksia, sekä sydän- ja verisuonitauteja. (Massay-Kosubek 2018.)

Sähkökäyttöiset ajoneuvot eivät aiheuta lainkaan lähipäästöjä, ja niiden ympäristövaikutukset perustuvat sähkön tuottamisesta sekä itse ajoneuvon valmistamisesta aiheutuviin päästöihin. Hall ja Lutsey (2018, 5, 11–12) vertailivat tutkimuksia täyssähköautojen elinkaaripäästöistä ja totesivat tyypillisen sähköauton tuottavan kuitenkin vain puolet keskiverron eurooppalaisen henkilöauton päästöistä. Vähäpäästöisimpään markkinoilla olevaan polttomoottoriautoonkin verrattuna sähköauton todettiin olevan 30 prosenttia puhtaampi. Vähähiilisen sähköntuotannon maissa, joita vertailussa olivat Norja ja Ranska, sähköautot tuottavat alle kolmanneksen keskiverron polttomoottoriauton elinkaaripäästöistä. Valmistuksen korkeammat päästöt on nollattu keskimäärin kahden vuoden käytön jälkeen, ja uusiutuvaa energiaa käytettäessä puolentoista. Raportissa myös arvioidaan, että akkujen valmistuksen päästöt todennäköisesti laskevat huomattavasti tulevien vuosikymmenten aikana.

Todtsin raportin (2018, 38) arviot ovat vastaavia, ja täyssähköauton elinkaaripäästöiksi Euroopan unionin sähköntuotannon keskiarvopäästöillä (300 g CO₂/kWh) ilmoitetaan 89,1 g CO₂/km. Raportti ilmoittaa henkilöauton, jonka hiilidioksidipäästöt 120 g/km, elinkaaripäästöiksi 206,1 g CO₂/km. Suomen sähköntuotannon ominaishiilidioksidipäästöt vuonna 2018 viiden vuoden liukuvalla keskiarvolla olivat 115 g CO₂/kWh (Tilastokeskus 2019d).

Blondel & Mispelonin tutkimus (2011, 10) arvioi sähköavusteisen polkupyörän elinkaaripäästöiksi keskimäärin 16 g CO₂/km käytöstä Euroopan unionin alueella, josta seitsemän on peräisin pyörän valmistuksesta ja huolloista, ja yhdeksän käytettävän sähkön tuotannosta. Tutkimuksessa arvioitiin myös päästöjä ottaen huomioon lisäksi myös kuljettajan lisääntyneestä energiankulutuksesta johtuvasta ruoankulutuksesta aiheutuvat päästöt, jolloin tulokseksi saatiin 22 g CO₂/km.

6 SÄHKÖAVUSTEINEN RAHTIPYÖRÄ

Rahtipyörät ovat tarkoitettu tavaroiden tai ihmisten kuljettamiseen. Kaksi yleisintä toteutustapaa ovat kaksipyöräiset (*Long John*) joissa tavaratila on eturenkaan ja ohjainputken välille venytetyssä tilassa, sekä kolmipyöräiset joissa tavaratila on ohjainputken edessä kahden eturenkaan välissä. Kuvassa 1 on esimerkki kaksipyöräisestä toteutuksesta ja kuvassa 2 kolmipyöräisestä. Yleisimpiä käyttökohteita yrityskäytössä ovat ns. liikkuva liikepaikka sekä kuljetuspalvelut. Yksityiskäytössä puolestaan lasten tai tavaroiden kuljetus. Lisäksi kolmas mainitsemisen arvoinen malli on suurempaa kuormaa varten suunniteltu rahtipyörä jossa kuormatila on kuljettajan takana, takapyörien välissä. Näillä malleilla on mahdollisuus suurempaan kuljetuskapasiteettiin, ja esimerkiksi ruotsalaisen Veloven The Armadillo pystyy kuljettamaan 350 kiloa yhden kuution tavaratilassa, ja tilavuuden voi kaksinkertaistaa sekä kasvattaa 500:n kiloon ns. puoliperävaunun avulla. (Pärssinen 2017; Velove n. d.)



Kuva 1. Esimerkki kaksipyöräisestä Long John rahtipyörästä (Endoro 2016).



Kuva 2. Esimerkki kolmipyöräisestä rahtipyörästä (Munk 2016).

Suomen tieliikennelain vaatimuksia sähköavusteiselle polkupyörälle ovat käytännössä vain poljettaessa toimivan avustuksen enintään 250 watin tehorojoitus ja vaatimus sen pois päältä kytkeytymisestä saavutettaessa 25 km/h nopeus. Muuten sovelletaan polkupyörän teknisiä vaatimuksia, eikä siten esimerkiksi ajokorttia tai liikennevakuutusta vaadita. (Traficom 2019.)

6.1 Sähkökäyttö

Sähkökäyttöisen ajoneuvon käyttöjärjestelmän pääkomponentit ovat tavallisesti tehonsäädin, moottori, energiavarasto sekä vaihteisto. Moottori tuottaa liikkeen energiavarastosta tulleen sähköän avulla. Tehonsäätimen tehtävä on muuttaa kuljettajan valitun käyttöliittymän – polkimen, vivun, kahvan – kautta esittämä toive virta- ja jännitekäskyksi moottorille. Vaihteiston (tai alennusvaihteen) avulla saadaan määriteltyä sopiva välitys-

suhde vetävälle pyörällä, ja koska moottorin hinta määräytyy pitkälti sen maksimimomentin mukaan, on toiveena yleensä mahdollisimman suuri kokonaisvälityssuhde. Yleisimmin vaihteisto toteutetaan yksiportaisena, mutta myös kaksi- tai useampiportaisia käytetään. (Bosch 2003, 642.)

Moottorit

Sähkömoottorit koostuvat paikallaan pysyvistä osista eli staattorista, sekä pyörivästä osasta eli roottorista. Molemmissa osissa on magneettikenttä – sähkökäämi tai kesto-magneetti – joiden välistä magneettisuutta vaihdellaan kytkemällä sähkömagneetteja päälle ja pois. Tämä saa aikaan pyörivän liikkeen. (Ahoranta 2016, 246.)

Tyypillisiä sähköajoneuvoissa käytettyjä moottorityyppejä ovat tasasähkösarjamoottori: yksinkertaisin säädinrakenne, suhteellisen huono hyötysuhde, yksinkertainen, halpa, käytetään sisäkuljetusajoneuvoissa. Vierasherätteinen tasasähkömoottori: hieman tasasähkösarjamoottoria monimutkaisempi rakenne kääntönapaisuuden takia, regeneraatio onnistuu helposti ja saadaan hyvä hyötysuhde, haittapuolena on kuitenkin harjahiilien vaihtotarve. Sähköautoja ei valmisteta enää juurikaan tasasähkökäytöllä. Näitä korvaavat moottorityypit ovat epätahtimoottori (oikosulkumoottori): yksinkertaisin ja halvin, monimutkaisempi säädin vaihtosähkökäytön johdosta, korkeammat kierrosnopeudet kuin tasasähkömoottoreilla (7 000 vs 20 000 1/min) joten yksiportaisten vaihteistojen käyttö autoissakin mahdollista, regeneroinnissa parempi hyötysuhde. Sekä kesto-magnetoitu tahtimoottori (synkronimoottori): hyvä hyötysuhde, kallis, yksiportainen alennusvaihe riittää. (Bosch 2003, 642, 644.)

Akut

Akkuteknologia on yksi energian varastointitavoista kulkuneuvoissa. Akku on sähkökemiallinen järjestelmä, jonka lataaminen ja purkaminen aiheuttavat kemiallisia reaktioita, joissa energia muuttuu kemiallisesta muodosta sähköksi ja päinvastoin. Akku koostuu kennoista, jotka puolestaan koostuvat positiivisesta ja negatiivisesta levystä, elektrolyytistä, akkuastiasta, sekä muista rakenneseosista. Akku voi olla joko avoin, jossa elektrolyytti on nestemäisessä muodossa, tai suljettu, jossa se on kiinteässä muodossa – esimerkiksi geelinä tai imeytettynä lasikuitumattoon. Akkutekniikassa olennaisia valintate-

kijöitä ovat energiatiheys, tehotiheys, käyttökertaikä, ulostulojännite ja purkausprofiili, itsepurkautumisnopeus, turvallisuus, ympäristölliset tekijät, toimintaolosuhteet ja tietenkin hinta. Akun nimelliskapasiteetilla, joka ilmoitetaan yleensä ampeeritunteina (Ah), tarkoitetaan energiaa, joka siitä voidaan purkaa määritellyissä olosuhteissa. (Hietalahti 2011, 91–96.)

Sähköajoneuvoissa käytettäviä akkutyyppejä ovat litium-, lyijy- sekä nikkeliakut.

Litiumakuissa on korkea kennojännite, suuri virranantokyky. Lisäksi purkauskäyrä on tasainen, ja itsestään purkautuminen vähäistä. Niihin ei myöskään liity niin sanottua muisti-ilmiötä, joten ei ole tarvetta aina purkaa tyhjäksi asti tai ladata täyteen. Litiumakut vaativat kuitenkin turvapiirin lämpötilan ja kennojännitteen valvomiseen, sekä ylilatauksen ja liiallisen purkamisen estämiseen. Energiatiheys on 60–150 Wh/kg, ja tehotiheys 300–1500 W/kg. Erityyppiset litiumakut ovat käytännössä ainoita nykyään täyssähköautoissa käytettäviä. (Ahoranta 2016, 316; Bosch 2003, 640.)

Lyijyakkujen käyttö sähköajoneuvoissa rajautuu lähinnä niin sanotun käynnistysakun rooliin eli oikeammin sähköautoissa apulaiteakuksi, sekä ajoenergian varastona lähinnä teollisuuden sähkökäyttöisiin kulkuneuvoihin. Lyijyakut jaotellaan yleensä neljään kategoriaan: tehoakut, energia-akut, sekä avoimet ja suljetut akut. Näistä ajoenergian varastona tieliikenteessä käytetään suljettuja, avoimet soveltuvat lähinnä sisäkäyttöön. Energiatiheys on 25–30 Wh/kg, ja tehotiheys 100–200 W/kg. (Ahoranta 2016, 320–321; Bosch 2003, 640.)

Nikkeliakkuja käytetään lähinnä laitteistoparistoina. Hyötynä lyijyakkuihin verrattuna selvästi pidempi kestoikä, mutta kalliimpia valmistaa. Sähköajoneuvoissa toimivat kuitenkin melko lyhyen toimintasäteen ajoneuvoissa, mutta vaativat lähes jatkuvaa jäähdytystä eivätkä ole huoltovapaita. Energiatiheys on 35–100 Wh/kg, ja tehotiheys 100–500 W/kg. (Bosch 2003, 640–641.)

Teknologian hyötysuhde

Sähkökäyttöisten ajoneuvojen etuna polttomoottorikäyttöisiin verrattuna on huomattavasti parempi hyötysuhde, joka on voimansiirron osalta 85–87 %, ja akuston 85–92 %. Esimerkiksi polttomoottorikäyttöisen henkilöauton TTW hyötysuhde on 16–22 %, kun taas täyssähköauton hyötysuhde on 58–62 %, eli auton energiavarastoon tankatusta

energiasta huomattavasti enemmän päätyy pyörille. Lisäksi sähköajoneuvoissa on mahdollista saada kineettistä energiaa vauhdin hidastuksesta takaisin energiavarastoon. Toisaalta täyssähköajoneuvojen heikkoutena on kuitenkin huomattavasti matalampi energiavaraston energiatiheys. (Chatzikomis ym. 2014.) Kun akuilla energiatiheys on alle 0,2 kWh/kg, on bensiinin ja dieselin 42,7–43,5 ja 42,5 MJ/kg (Bosch 2003, 280), eli vertailtava arvo on noin 11,9–12,1 ja 11,8 kWh/kg. Siis noin 60-kertainen. Tämän johdosta esimerkiksi 1844 kiloa painavan ja 580 kilometrin WLTP-toimintasäteellä varustetun Long Range Tesla Model 3:n akusto painaa 480 kiloa, eli yli neljänneksen koko auton massasta. (Tesla n. d; Arcus 2018.)

6.2 Sähköavusteisissa polkupyörissä käytetty tekniikka

Moottori voidaan sähköavusteisissa polkupyörissä toteuttaa joko napamoottorina etu- tai takanavassa, tai sitten rahtipyörille tyypillisemmin keskimoottorisena. Keskimoottorisissa toteutuksissa moottori sijoitetaan polkupyörän keskiöön, ja moottorin magnetointi on roottorissa joka on staattorin sisällä. Moottorit ovat yleisimmin kolmivaiheperiaatteella toimivia harjattomia tasavirtamoottoreita. Paremman energiatiheyden johdosta pyörissä käytetään lähinnä litiumakkuja, mutta edullisia lyijyakkuja voidaan käyttää suuren massan kuljetukseen suunnitelluissa rahtipyörissä, joissa akun suuresta massasta ei muodostu vastaavaa haittaa. Osien valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat niiden hinta, massa, kestävyys (olosuhteet ja latauskerrat), sekä saatavuus. (Perälä 2019, 99, 101, 107, 119.)

Kokeilua varten tutustutuissa pyörämalleissa, joista lisää kappaleessa 7.1, käytettiin kaikissa Boschin tai Shimanon harjattomia tasavirtamoottoreita, sekä 36-volttisia litiumioniakkuja. Vaihteistona käytettiin joko ratasvaihteistoa tai sitten napavaihteistoa, jollainen oli osaan malleista saatavissa myös automaattisena. (Bosch a n. d; Shimano n. d., 21; Bosch b n. d.)

7 SÄHKÖAVUSTEISEN RAHTIPYÖRÄN KOKEILU

Tässä kappaleessa kerrotaan suunnitellusta käytännön osuudesta sähköavusteisella rahtipyörällä, joka kuitenkin korvautui täyssähköisellä pakettiautolla tehdyllä kokeilulla – josta lisää kappaleessa 8 – kun soveltuvaa toimijaa osallistumaan hankkeeseen ei löytynyt.

Opinnäytetyöhön – ja koko hankkeeseen – kuului osio jossa valittua sähköavusteista rahtipyörämallia sovelletaan käytettäväksi ja testataan käytännössä jonkin elintarvikealan toimijan kuljetuksissa. Testauksissa olisi laskettu esimerkiksi sen kulutusta kuorman kanssa, arvioitu sen käytettävyyttä ajettavuuden ja lataustiheyden kannalta, sekä selvitetty vaikutusta kuljetusaikoihin ja niiden määriin. Toteutuksen tarkempi suunnittelu alkaisi hankkeeseen osallistuvan toimijan löytyessä tämän tietojen ja toiminnan mukaan.

7.1 Pyörämallit

Rahtipyöriä on monenlaisia eri käyttötarkoituksia varten, mutta alun perin tehtiin päätös että lastausalueen tulisi olla matalalla rungossa jotta pyörän ketteryys säilyy myös kuormattuna. Olennaista valinnassa oli myös tilanvienti, esimerkiksi jalkakäytävälle pysäköitäessä, joten päädyttiin tutustumaan pääosin kaksipyöräisiin malleihin, ja kolmi- tai useampipyöräiset jätettiin pitkälti pois vaihtoehtoista.

Pyörämallit rajattiin viiteen vaihtoehtoon, jotka olivat: Riese & Müller – Packster 80 vario, Urban Arrow – Cargo (Flatbed) L, Yuba – Electric Supermaché Bosch, Larry vs Harry – EBULLITT 6100 Nexus 5, sekä Butchers & Bicycles – MK1-E (PRO). Mallit olivat pitkälti samankaltaisia keskenään listan viimeistä lukuun ottamatta. Pyörämallien rajaukseen vaikuttivat lähinnä rungon malli, saatavuus, kuormankantokyky (tilavuuden ja massan kannalta), käytetyt komponentit, sekä käytettävissä oleva ajomatka avustettuna. Viimeinen tosin oli riittävä kaikissa Suomessa myytävissä pyörämalleissa joihin tutustuttiin.

Vaatimusten perusteella, ja kokeilun toteutuessa sähköpyörällä samalle yritykselle jonka kanssa se toteutettiin pakettiautolla, olisi malliksi todennäköisesti valikoitunut Riese & Müller Packster 80 vario.

Taulukko 11. Riese & Müller Packster 80 vario -mallin ominaisuuksia (Riese & Müller n. d.).

Pyörämalli	Riese & Müller Packster 80 vario
Moottori	Bosch Performance Line (Gen 2) (75 Nm)
Akku	Bosch PowerPack 500 (Litiumioni, 482,4 Wh, 13,4 Ah, 36 V, lataus 3,5 tuntia)
Vaihteisto	Enviolo 380 R&M Custom (Hihnaveeto)
Toimintamatka (min – max)	40–121 km
Pyörän massa ja kokonaismassa	37 ja 200 kg

Mallin ominaisuudet, joista tärkeimpiä taulukossa 11, ovat kilpailukykyisiä muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Yrityksen ruokakuljetuksissa käyttämien lämpökuljetuslaatikoiden koon johdosta kyseisen pyörän pidempi versio oli vaihtoehtoista ainoa johon rakennettuun kuormatilaan olisi mahdollista saada mahtumaan kaksi lämpökuljetuslaatikkoa asettamatta niitä päällekkäin. Jos kuljetusten pakkauksessa siihen ratkaisuun päädyttäisiin. Muussakin tapauksessa kuormatilan suhteen olisi pidemmällä kuormatasolla enemmän vapauksia. Työn vertailuissa käytetään kyseisen pyörämallin mittoja ja muita tietoja.

7.2 Kuormatila

Valittuun pyörämalliin olisi teetätetty Turun ammattikorkeakoulun opiskelijoilla kuormatila, jonka ryhmä toteuttaisi vapaasti sitä varten ilmoitettujen toleranssien pohjalta. Esimerkiksi materiaalien valinta jäisi siis pääosin valmistajien harteille. Kuormatilan tulisi säältä suojaamisen lisäksi olla kohtalaisen kestävä, kevyt (pyörän käsittelyn kannalta) ja lukittavissa.

Kuormatiloja löytyy myös valmiina ratkaisuina, ja esimerkiksi muun muassa rahtipyöriä myyvä Helsingiläinen Liikkuva laatikko tarjoaa rahtipyöriin 2Cool Finland Oy:n lämpölaukkuja, joissa on vielä elintarvikkeiden kuumana tai kylmänä pitämistä auttavia ladatavia lämpölevyjä (Liikkuva laatikko 2020).

Kuormatilan rakentamisesta keskusteltaisiin yrityksen kanssa esittäen seuraavat vaihtoehdot:

Vaihtoehto 1

Rakennetaan monilämpökuormatila, jossa on vähintään kaksi erillistä osiota – kuumille tai lämpimille kuormille, sekä kylmille tai viileille.

Yrityksen käyttämien lämpöeristettyjen laatikoiden ulkomitat ovat noin 60 x 40 x 30 cm, seinämän paksuus noin 4 cm ja sisämitat noin 52 x 32 x 22 cm.

Laatikon tilavuus on siis kaavan 1 mukaan noin 0,037 m³.

$$52 \text{ cm} * 32 \text{ cm} * 22 \text{ cm} = 36\,608 \text{ cm}^3$$

Kaava 1. Lämpöeristetyn laatikon sisätilavuuden arvio.

Koska rakennettavassa kuormatilassa pitää eristysmateriaalin lisäksi olla tukeva ulko-kuori (esimerkiksi vanerista, alumiinista), lasketaan sen ulkoseinämien paksuuksiksi noin 5 cm. Pyörän kuormatilan lattian pituus on 80,5 cm, siihen myydyin avoimen kuormalaatikon havainnekuviissa ulkoleveys takareunasta on 69,5 cm ja etureunasta arvioituna noin 60,5 cm, korkeus on takareunasta 21,0 cm ja etureunasta 28,5 cm (Anders 2016).

Kuormalaatikon korkuisen, ja muuten pohjapinta-alan kokoisen kuormatilan sisätilavuus olisi kaavan 2 laskelmien perusteella kokoluokkaa 0,054 m³.

$$(80,5 \text{ cm} - 14,0 \text{ cm}) * \left(\left(\frac{69,5 \text{ cm} + 60,5 \text{ cm}}{2} \right) - 10,0 \text{ cm} \right) \\ * \left(\left(\frac{21,0 \text{ cm} + 28,5 \text{ cm}}{2} \right) - 10,0 \text{ cm} \right) = 53\,948,125 \text{ cm}^3$$

Kaava 2. Kuormatilan mittojen vaikutusta tilavuuteen.

Kaikkien mittojen suhteen on kuitenkin varaa venyttää jostain kohdasta. Pituutta voidaan lisätä etureunan yläosaan ja leveyttä kallistamalla molempia kylkiä ulospäin – kuten myytävässä kuormalaatikossakin on tehty, korkeudessa puolestaan on todennäköisesti eniten varaa lisätä, joka kohdasta. Jos kuormatila on yläreunoista pohjan mittoja 15,0 cm pidempi ja leveämpi, sekä kauttaaltaan 10,0 cm korkeampi, päästään sisätilavuudessa kaavan 3 mukaan jo viiden lämpökuljetuslaatikon kokoluokkaan, eli 0,185 m³.

$$\begin{aligned}
& \left(\left(\frac{80,5 \text{ cm} + 95,5 \text{ cm}}{2} \right) - 14,0 \text{ cm} \right) \\
& * \left(\left(\frac{\left(\frac{69,5 \text{ cm} + 84,5 \text{ cm}}{2} \right) + \left(\frac{60,5 \text{ cm} + 75,5 \text{ cm}}{2} \right)}{2} \right) - 10,0 \text{ cm} \right) \\
& * \left(\left(\frac{(21,0 \text{ cm} + 10,0 \text{ cm}) + (33,5 \text{ cm} + 10,0 \text{ cm})}{2} \right) - 10,0 \text{ cm} \right) \\
& = 184\,981,5 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

Kaava 3. Kuormatilan mittojen kasvattamisen vaikutusta tilavuuteen.

Laskelmat ovat kuitenkin vain suuntaa antavia, ja niiden tarkoitus on ainoastaan osoittaa, että pyörämallin päälle saataisiin rakennettua riittävän kokoinen kuormatila. Todelliset mitat selviäisivät vasta rakennuksen alkaessa, rakentajien valintojen mukaan.

Vaihtoehto 2

Kuormatila rakennettaisiin kahdelle yrityksen käyttämälle lämpökuljetuslaatikolle sopivaksi. Näin ruoat voitaisiin nostaa kuljetuksen alkaessa pyörään valmiiksi pakattuina. Tämä kuitenkin tarkoittaisi pienempää kokonaiskapasiteettia.

Yrityksen käyttämiä noin 60 x 40 x 30 cm kokoisia lämpökuljetuslaatikoita kannattaisi mahdollistaa rakennettuun kuormatilaan kaksi. Korkeuden salliessa voitaisiin selvittää mahdollisuutta toiseen kerrokseen, jossa säilytettäisiin niin sanotut kylmät ruoat (salaatit ja jälkiruoat), jotka kuljetuksiin kuuluivat. Nämä veivät hieman lämpimiä vähemmän tilaa.

8 KOKEILU TÄYSSÄHKÖPAKETTIAUTOLLA

Kokeilua rahtipyörällä korvattiin jakelukokeilulla pakettiautolla. Saatuja tuloksia käytettiin myös toisessa hankkeen työpaketissa. Kokeilun tavoitteena oli saada tietoa jakelusta, erityisesti pysäköinnin, etäisyyksien ja ajankulun osalta. Tietojen perusteella voitaisiin arvioida pyörän toimintaa riippuen esimerkiksi etäisyyksistä, keskinopeuksista, pysäköinneistä, joita saataisiin selville.

Jakelukokeilu tehtiin yhteistyössä Ay Kotiruokapalvelu Hemmat Öb:n kanssa. Ruokaa jaettiin neljänä päivänä viikossa 17–25:een kohteeseen Turun alueella neljän viikon ajan. Jakelu toteutettiin vuosimallin 2019 Renault Kangoo Z.E. (POWER+ MAXI 4M³, 33 kWh) täyssähköpakettiautolla.

Päivittäisiä mittauksia olivat aikataulu, kilometrit, kohteiden lukumäärä, kulutus, autoon ladattu energia, keskikulutus, keskinopeus, sekä lämpötila. Lisäksi lyhyemmällä aikavälillä tehtiin tarkempaa arvioita pysäköinneistä sekä mitattiin kohteiden väliset etäisyydet ja niiden välissä sekä niissä kulunut aika.

Kaikki kappaleen mittaustulokset ja niiden perusteella tehdyt laskelmat, joita ei ole tekstissä, löytyvät liitteenä 1 olevista Excel-tilukoista.

8.1 Mittaustuloksia

Päiväkohtainen kilometrimäärä viimeiseen kohteeseen saavuttaessa vaihteli välillä 29,5–37,2 km, mukaan lukien 7,9–10,5 km matka keittiölle ennen jakelua. Samalla välillä kulutus auton ajotietokoneen mukaan vaihteli välillä 5–8 kWh. NRG Kick -laturin näyttämä lataus oli hieman enemmän (luokkaa +1 kWh), joka todennäköisesti selittyy lataushäviöillä. Aikaa tässä vaiheessa oli kulunut noin vajaasta kolmesta reiluun neljään tuntia.

Ruokien kuljetuspakkauksissa oli pientä vaihtelua, mutta ainakin 20:tä lämmintä ruokannosta mahtui jakelussa käytettyihin laatikoihin (ulkomitat noin 60 x 40 x 30 cm) ja kylmät ruoat (salaatit ja jälkiruoat) mahtuivat hieman pienempään tilaan. Viikon viimeinen jakelupäivä oli koronavirustilanteen johdosta poikkeuksellisesti torstai, jolloin jaettiin myös loppuviikon ruoat niitä tilanneille. Tilaa kului noin kolminkertainen määrä. Normaalisti viimeinen jakelupäivä on perjantai.

Käytettävyyden puolesta täyssähköauto toimi jakelussa hyvin. Ripeähkö kiihtyvyys paikoiltaan ja vaihteiden puuttuminen helpottivat ajoa kaupungissa. Akun varausta oli tyyppillisen päivän (noin 35–45 km) päätteeksi jäljellä auton viisarimittarin mukaan noin kolme neljäsosaa.

8.2 Laskelmia

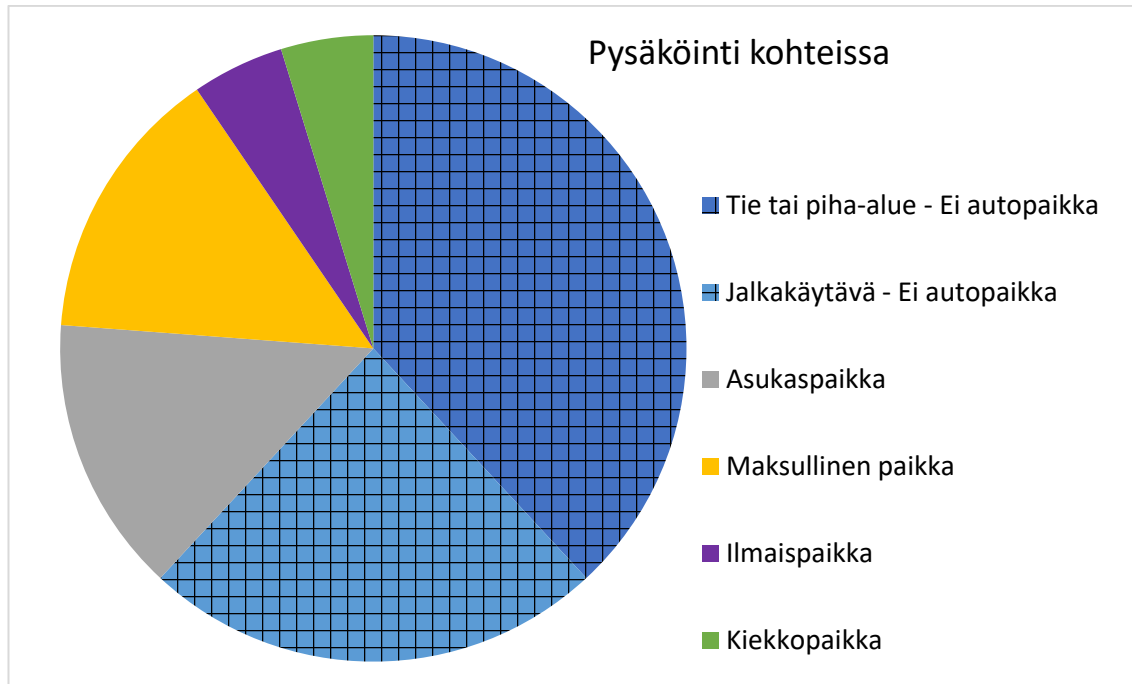
Kuljetuskohteiden välinen etäisyys oli keskimäärin noin 0,73 km (mediaani 0,60), matka kesti keskimäärin kahdeksan minuuttia liikkeellelähdistä auton sammuttamiseen ja aika kohteessa jona auto pois päältä oli keskimäärin neljä (vastaavat mediaanit kahdeksan ja viisi). Laskelmissa huomioitiin matkat ensimmäisestä kohteesta viimeiseen. Siirtymisten keskinopeus oli arviolta luokkaa 5,5 km/t tai hitaampaa. Etäisyydet ja ajat mitattu yhdeltä tyyppilliseltä kuljetuspäivältä. Koko kokeilujakson aikana kilometrejä samalla välillä tuli päivässä keskimäärin noin 21,9 ja aikaa kului yhteensä kolme tuntia ja yksi minuutti.

Kokeilussa käytetyn auton todellisen latauksen mukaan laskettu keskimääräinen kulutus oli noin 24,4 kWh/100km. Kokeilupäivinä lämpötila noin puolessa välissä jakelua (klo. 11:00) oli keskimäärin noin 9,8 °C, vaihdellen välillä 15,6 ja 2,6 °C (Turun yliopiston sääasema n. d.).

8.3 Ongelmia

Ehdottomasti suurin ongelma jakelun aikataulun ja toteutuksen kannalta oli pysäköinti toimitusten ajaksi. Monissa paikoissa ei ollut pysäköintipaikkoja lähettyvillä ollenkaan (paikoitellen lähimmiltä ovelle arviolta yli 150 metriä) ja niissäkin joissa oli, ei monesti ollut vapaita. Näissä kohteissa voisi polkupyörällä lähes poikkeuksetta ajaa käytännössä etuovelle saakka.

Paikkaa joutui välillä etsimään, ja yleensä aikataulun takia (ja ruokien jäähtymisen välttämiseksi vaadittavan kohtuullisen etäisyyden takia) joutui pysäköimään jollain tapaa sääntöjen vastaisesti. Pysäköinnistä tehtyjen merkintöjen mukaan, joita esitelty kuviossa 2, pysäköinneistä hieman yli puolet julkisten teiden varsilla, näistä puolet jalkakäytävällä ja lopuista suurin osa maksullisella paikalla. Toisesta puolesta, jotka olivat piha-alueilla, suurin osa oli pysäköintiruutujen ulkopuolella virheellisillä paikoilla.



Kuvio 2. Pysäköintimittausten tuloksia – arvot liitteestä 1.

Tiedot pysäköinneistä ovat verrattavissa kappaleessa 5.2 mainittuun Tapanisen (2018, 100) kertoman Helsingissä tehdyn tutkimuksen kanssa, jossa viivästyksistä yli 40 prosenttia on johtunut siitä, ettei pysähtymispaikkaa löydy, ja silti vähintään joka viidennellä kerralla pakettiautot ovat joutuneet pysähtymään jalkakäytävälle. Mutta koska jakelukoikeilussa ei ollut sovittua tarkkaa kohdekohtaista aikataulua, ei suoranaista arviointia viivästyksistä ole tehty.

Muita ongelmia joihin kulkumuotovalinnalla voi olla vaikutusta olivat liikenteen ruuhkautumiset. Vaikutus jäi kokeilujakson aikana kokonaisuudessaan kuitenkin melko vähäiseksi, sillä jakelu ajoittui ruuhka-aikojen ulkopuolelle. Yksittäisillä tieosuuksilla siitä aiheutui kuitenkin viivästystä päivittäin.

8.4 Tulosten vertailua polttomoottorikäyttöisen pakettiauton ja sähköavusteisen polkupyörän tietoihin

Kokeilusta saatuja lukemia verrataan sekä kohdeyrityksessä ja alalla yleisesti käytettyihin dieselkäyttöisiin pakettiautoihin, että sähköavusteiseen rahtipyörään siitä käytettävissä olevien tietojen perusteella. Vertailukohteissa, joissa sähköpakettiautolle on saatu

kokeilusta tuloksia on ne otettu huomioon, muuten on arvioitu vain sähköavusteisen rahtipyörän tietoja verrattuna ajoneuvoon jota se pääsääntöisesti tulisi korvaamaan, eli dieselkäyttöiseen pakettiautoon. Kustannusten osalta vertailussa on otettu huomioon käyttöenergiakustannukset, sekä lyhyesti huollot ja ajoneuvoverot.

8.4.1 Energiankulutus

Vuoden 2019 lokakuun polttoaineiden ja sähkön hintoihin perustuvat kustannukset sataa kilometriä kohden olisivat olleet kokeilun sähkökäyttöisellä pakettiautolla suoritetuissa ajoissa noin 2,97 euroa. Tämä vastaa kulutuslukemina noin 2,09 L/100km dieseliä, tai noin 1,94 L/100km bensiiniä. Päiväkohtainen hinta jakelujolle (mukaan lukien matka keittiölle) olisi ollut noin 0,95 euroa testissä käytetyllä autolla. Sähköavusteisen rahtipyörän akun kokonaiskapasiteetti, jolla ilmoitettujen tietojen mukaan ajaisi päivän ajoihin riittävät 40–121 km, on 0,4824 kWh. Koska pyörän päiväkohtaista kulutusta, tai latauksen hyötysuhdetta ei kokeilun toteutumattomuuden vuoksi ole tiedossa, tehdään vain karkea arvio laskemalla koko akun kapasiteetin hinta sähköinä. Näin päiväkohtaiseksi hintaluokaksi voidaan arvioida noin 0,06 euroa. Laskelmassa käytetty yritys- ja yhteisöasiakkaiden sähkön kokonaishintaa (sisältäen sähköenergian, siirtomaksun ja verot) alle 20 MWh vuosikulutuksella. (Tilastokeskus 2019e; Tilastokeskus 2019f.)

8.4.2 Ilmastovaikutukset

Sähköntuotannon ominaishiilidioksidipäästöt vuonna 2018 viiden vuoden liukuvalla keskiarvolla olivat 115 g CO₂/kWh. Tätä lukuarvoa käyttäen pakettiautoon ladatun energian tuotannon hiilidioksidipäästöt jakelun osalta olisivat noin 0,895 kg päivässä. Vuonna 2018 verotettujen uusien bensiini- ja dieselpakettiautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt olivat 166 g CO₂/km, ja tätä päästöarvoa käyttäen pakettiauton CO₂ päästöiksi samalla matkalla saadaan noin 5,296 kg. Huomautuksena että luvun mittausaikaan on ollut käynnissä siirtymä uuteen WLTP päästönmittausmenetelmään. Siirtymä aloitettiin loppuvuodesta 2017 ja vuoteen 2021 asti on aikaa vaihtaa sen käyttöön, eikä lähteestä selviä mittausmenetelmien osuuksia, mutta WLTP:n mukaisesti mitatut päästöt ovat tyyppillisesti korkeampia, lähempänä todellisia lukemia. Ennen käyttöönoton aloitusta (2016) keskiarvo oli 169,3 g CO₂/km. Luvut eivät kuitenkaan ole muutenkaan suoraan vertailukelpoisia, sillä polttomootorikäyttöisten päästöjä arvioitaessa on käytetty yhdistetyn ajon

ilmoitettuja päästöjä, koska kaupunkiajon päästöjä, tai kulutusta, ei ole ilmoitettu erikseen. Kulutus – ja sitä myötä päästötkin – ovat siis todellisuudessa testin kaltaisissa rankoissa ajo-olosuhteissa korkeammat. (Tilastokeskus 2019g; Verovirasto 2018; Traficom 2019.)

Sähköavusteisen rahtipyörän kokeilun puuttumisesta johtuen akun kapasiteetin mukaan (kuten kustannuslaskuissakin tehty) lasketut päiväkohtaiset päästöt olisivat 0,055 kg hiilidioksidia. Samasta syystä päästölaskelmissa ei ole myöskään voitu huomioida latauksen hyötysuhdetta joka lisäisi päästöjä, eikä todellista kulutusta, eli kuinka paljon akun kapasiteetista oikeasti käytetään päivän aikana – joka saattaisi alentaa päästöjä huomattavastikin.

Elinkaaripäästöt huomioiden (tosin dieselauton kohdalla vähempipäästöisen henkilöauton keskipäästölukeman, ja sähköajoneuvoissa Suomen sähköntuotannon ominaishiilidioksidipäästöjä huomattavasti korkeamman Euroopan unionin keskiarvon, mukaan laskettuna) päiväkohtaiset päästöt jakeluajossa olisivat sähköauton osalta 2,843 kg, dieselauton 6,576 kg ja sähköavusteisen polkupyörän 0,511 tai 0,702 kg riippuen siitä otetaanko huomioon kappaleessa 5.3 mainitussa tutkimuksessa (Blondel & Mispelonin 2011, 10) lasketut kuljettajan lisääntyneestä energiankulutuksesta johtuvat päästöt.

8.4.3 Muuta huomioitavaa

Jakeluun soveltuvalla pienemmällä pakettiautolla laskettaessa (joksi valittiin pienistä myydyin malli viimeisen kolmen vuoden keskiarvona: Ford Transit Connect, ja sen esitteessä olevista varusteluvaihtoehdoista vähäpäästöisin malli – 1.5 TDCi 120 hv M6 (200), jonka arvioidut päästöt ovat 141 g CO₂/km ja yhdistetty kulutus 5.4 L/100km [WLTP]) saatiin päästöarvoksi noin 4,499 kg ja polttoainekuluiksi 2,45 euroa päivä, tai 7,67 euroa sataa kilometriä kohden. Arvoissa ei ole kuitenkaan otettu huomioon ajo-olosuhteiden vaikutusta, vaan laskelmat on tehty ilmoitettujen yhdistetyn ajon kulutusta vastaavien WLTP lukemien mukaan. (Traficom 2019; Ford n. d.)

Pyörään vaihtoehto yhdessä suunniteltuun kuormatilaan olisi ruoat saatu tilavuuden perusteella todennäköisesti mahtumaan jakelun aikana myös viikon viimeisenä jakelupäivänä, ja normaalitilanteessa viidellä jakelupäivällä paremminkin. Vaihtoehto kahden kanssa olisi tällöin pitänyt joko hakea lisäystä keittiöltä (noin 5–7 kilometriä suuntaansa) päivän aikana – todennäköisesti yksi käynti olisi riittänyt – tai järjestää kuorman täyttöö

muiden kuljettajien ajoneuvoista. Tiedot kuitenkin tarkentuisivat vasta kuormatilan rakentamisen toteutuessa.

Turvallisuuden kannalta vuonna 2016 Suomen tieliikenteessä kuolleista 229:stä polkupyöräluokassa oli 26, ja autoluokassa 150. Vaikka pyöräilyn osuus on matala verrattuna sen ensisijaiseksi kulkumuodokseen valinneiden määrään – 14 % – voidaan sen olettaa olevan melko korkea suhteessa ajoneuvokohtaisiin kilometreihin. (European Commission 2018, 108; European Commission 2014, 11.)

Määräaikaishuoltojen ja ajoneuvoverojen arviointia

Esimerkiksi ebikestore-liikkeen vuosihuollon hinta, jota voidaan käyttää suuntaa antavana arvona, aktiivisessa käytössä olevalle sähköpyörälle on 129,00 euroa. Ajoneuvoveroa ei ole. (ebikestore n. d.)

Taulukko 12. Määräaikaishuollot 15 tuhannella vuosikilometrillä (Metroauto n. d.).

<i>Huolto tkm / kk</i>	<i>Hinta-arvio €</i>
40 / 24	511,50
80 / 48	707,20
120 / 72	1 774,20

Dieselkäyttöisen pakettiauton huoltokustannuksissa on vaihtelua automerkkien, mallien ja huoltoliikkeiden välillä. Kokeilussa käytetyn Renault Kangoon dieselversiolle saadaan metroauton huollonvarauspalvelusta ensimmäisen kolmen huollon hinnoiksi (kun vuosittaisiksi kilometreiksi arvioitu 15 tuhatta) taulukon 12 hinta-arvioiden mukaan yhteensä 2 992,90 euroa.

Ajoneuvoveroja Traficomin ajoneuvoverolaskuri antaa kyseiselle automallille (Express Energy dCi 90 – 112 g CO₂/km ja kokonaismassa 1950 kg) perusveroksi 0,385 ja käyttövoimaveroksi 0,180 euroa päivässä, eli yhteensä 206,220 euroa vuodessa. (Traficom n. d.; Renault n. d.)

9 KÄYTTÖKOhteITA JA VAIKUTUKSIA

Sähköavusteisen rahtipyörän käyttöenergian kustannusten voidaan arvioida olevan hieman yli kuusi prosenttia täyssähköautolle mitatuista, tai hieman yli kaksi prosenttia vastaavaan dieselkäyttöiseen verrattuna. Muita etuja jakelun järjestäjälle ovat pysäköinti esimerkiksi ruokakoju- tai jakelukäytössä, ketteryys ja ruuhkautumisen vaikutusten välttäminen, mahdollisuus rekrytoida ajokortittomia, sekä yrityskuva. Rahtipyörän kuljetuskapasiteetti kuitenkin rajoittaa toimintaa, eikä suurien kuljetusten toimitus välttämättä onnistu ollenkaan. Myös etäisyyksien vaikutus on suurempi, ja esimerkiksi täyttökuorman hakeminen tai joustavuus poikkeustilanteissa voi olla ongelmallisempaa. Sääolosuhteiden vaikutusta rahtipyörän käyttäjään voidaan pitää suurempana, mutta myös talvikäyttö on mahdollista, ja pyöriin myydään nastoitettuja renkaita.

9.1 Esimerkkejä käytöstä maailmalla ja Suomessa

Sähköavusteisia rahtipyöriä käyttäviä yrityksiä on Suomen ulkopuolella jonkin verran. Suomessa niiden käyttö vähänkään suuremmassa mittakaavassa on vielä vähäistä. Kappaleessa on esitelty muutamia esimerkkejä.

MarleenKookt

Pyöräilykulttuuristaan tunnetuissa Alankomaissa, joissa 36 % pitää polkupyörää päämuotoisena liikkumismenetelmänään (Euroopan unionin keskiarvo 8 %) on myös paljon rahtipyöriä hyödyntäviä yrityksiä. Alankomaissa pidetään myös esimerkiksi vuosittaiset rahtipyöräfestivaalit. (European Commission 2014, 9; International cargo bike festival n. d.)

MarleenKookt on Alankomaalainen niin sanottua kotiruokapalvelua tarjoava yritys. Ruokaa jakaa noin 45 kuljettajaa viitenä päivänä viikossa neljän kaupungin alueella Urban Arrow merkkisillä sähköavusteisilla rahtipyörillä. Yritys on toiminut vuodesta 2011. (MarleenKookt n. d.)

DHL

DHL International GmbH tavoittelee hiilineutraalisuutta vuoteen 2050 mennessä. Yritys käyttää rahtipyöriä (useita eri malleja, osa sähköavusteisia) viimeisen kilometrin kuljetuksissaan. Sivullaan DHL kertoo pyörien käytöstä Rotterdamissa, Alankomaissa, jossa CUBICYCLE pyörillä tulee kilometrejä keskimäärin 50 päivässä ja toimitetaan kymmenen pakkausta tunnissa (vrt. seitsemän pakettiautolla). Rahtipyörien ja muiden sähkökäyttöisten kulkuneuvojen myötä DHL:n viimeisen kilometrin jakelu Rotterdamin alueella on hiilineutraalia. Alankomaiden lisäksi polkupyöräkuljetuksia otetaan käyttöön ainakin Itävallassa, Belgiassa, Suomessa, Saksassa, Irlannissa ja Meksikossa, sekä Yhdysvalloissa, Hong Kongissa ja Singaporessa. (DHL global n. d; DHL us 2019.)

DHL Express (Finland) käytti sähköavusteisia rahtipyöriä osana 6Aika -strategian Citylogistiikan uudet tavoitteet -hankkeen kanssa tehtyä CityHUB-lähijakeluaseman kokeilua. Kokeilussa Turun Puutorille avattiin keväällä 2019 lähijakeluasema, josta pyöräkuriirit jakelivat paketteja päivän aikana vastaanottajille. Asemalla toimi myös palvelupiste, josta asiakkaat voivat noutaa ja lähettää paketteja. CityHUB-konsepti todettiin toimivaksi, ja koronaepidemian takia keskeytynyttä kehitystyötä tullaan jatkamaan. (6Aika 2020.)

Baana – Helsinki

Paastelan artikkeli (2020) Helsingin Uutisissa 9.6.2020 kertoo Helsingin kaupungin innovaatioyhtiön Forum Viriumin hankkeesta, jossa pyöräreitti Baanan varrelle avataan CityHUB-lähijakelukeskus. Paketteja kuljetetaan keskukselta vastaanottajille vuoden loppuun asti sähköavusteisilla rahtipyörillä. Hankkeessa mukana ovat myös Neste, DB Schenker, Pakettipiste, A2B ja Fiuge.

9.2 Esimerkkejä mahdollisista käyttökohteista

Tässä alaluvussa esitellään esimerkkejä toimijoista vanhusten ruokapalvelun lisäksi joiden kaltaisilla sähköavusteinen rahtipyörä voisi olla kannattava vaihtoehto kuljetusten toteuttamisessa.

Elintarvikekuljetuksia hoitavia yrityksiä, joiden toiminnassa on sähköavusteisen rahtipyörän kannattavuuden täyttäviä ehtoja, ovat esimerkiksi Foodora, Wolt ja Fiuge, joista kaksi ensimmäistä keskittyvät ravintoloiden tuotteiden kuljetuksiin, kun Fiuge keskittyy myös muihin viimeisen kilometrin kuljetuksiin. Palveluissa kuljettajat ottavat käyttöliittymän

kautta vastaan yksittäisiä kuljetuksia, ja niissä käytettävän kulkuneuvon hankinta on kuljettajan omalla vastuulla. sähköavusteinen rahtipyörä voisi korvata henkilöautoa osalla toimijoista. Sen etuna pienten käyttökulujen ja helpon pysäköinnin lisäksi on se, ettei ajamiseen tarvita ajokorttia tai ajoneuvokohtaisia vakuutuksia. Haittapuolia on kohtalaisen korkea hankintahinta, sekä esimerkiksi suojaattomuus sääolosuhteilta.

Toinen esimerkki toiminnasta jossa sähköavusteisen rahtipyörän käyttömahdollisuutta voitaisiin selvittää on kotihoito, sekä sen tukipalvelut. Asiakkaista 88 % on julkisella puolella, heitä on yhteensä noin 200 000, ja käyntejä lähes 40 miljoonaa vuosittain. Kuuden suurimman 6Aika-kaupungin osalta kotikäyntejä (ei etäkäyntejä mukana) on yli yhdeksän miljoonaa vuosittain. Säännöllisen kotihoidon asiakkaita on noin 115 000, joista suurimman osan luona käydään vähintään kerran päivässä. Alalla työmatkoihin käytetty aika on kasvanut, erityisesti kotipalvelun puolella. Syitä tälle ovat esimerkiksi matkojen pidentyminen asiakkaiden luokse, sekä työnantajan kyvyttömyys hankkia tarvetta vastaavia kulkuvälineitä. Vuonna 2009 kotisairaanhoidon työntekijöiden työajasta matkustamiseen kului noin kymmenys ja kotihoidon puolella osuus oli vastaava, tosin hieman matalampi. Siirtymisiä asiakkaiden välillä on siis valtavasti, ja näistä tiheään asutuille alueille keskittyvissä sähköavusteisesta rahtipyörästä voisi olla apua erityisesti pysäköintiin liittyviin ongelmiin. (Alastalo ym. 2018; Saukkonen ym. 2020; Helsinki Region Infoshare 2020; Paljärvi 2012.)

9.3 Polkupyörät osana logistiikkaketjua

Kokeilun tuloksia voidaan osittain verrata Maesin ja Vanelsländerin (2012, 410, 412–413, 415–418) tekemään tutkimuskatsaukseen erilaisten polkupyörien käytöstä osana logistiikkaketjua. Katsauksessa pyörän käyttöä tarkastellaan lähinnä asiakirjojen ja pakettien kuljetuksen osalta, joista jälkimmäisten todetaan käyttävän lähinnä rahtipyöriä. Katsauksessa esiteltiin kuitenkin lyhyesti myös esimerkiksi kappaleessa 9.1 mainitun CityHUB-lähijakeluaseman kaltainen toiminta, sekä lounaskuljetukset. Lounaskuljetusten todettiin olevan kasvava sektori, ja kuljetusten nopeampia ja luotettavampia pakettiautoon verrattuna. Yleisesti pyörän käytön todetaan tarjoavan luotettavamman aikataulun, kun esimerkiksi ruuhkan vaikutus jää vähäisemmäksi, sekä parantavan kaupungin asumismukavuutta ja houkuttelevuutta. Katsauksessa todetaan esimerkiksi kymmenen prosentin markkinaosuuden Alankomaissa säästävän 8,5 miljoonaa litraa polttoainetta, ja

siten vähentävän hiilidioksidipäästöjä 21 tuhannella tonnilla. Työllistämisvaikutuksen todetaan olevan nykyisellään pieni, sillä katsausta tehdessä löytyi Belgiasta vain 14 yritystä, joista suuri osa oli yksityisyrittäjiä. Yritykset jotka palkkasivat kuljettajia totesivat kuitenkin uusien työntekijöiden löytämisen olevan helppoa, mutta tilausten määrän vaihdellessa työsuhteet jäivät melko lyhyiksi. Belgian markkinoilla arveltiin liikevaihdon jäävän keskimäärin 550 000 euroon yrityksillä, joilla oli keskimäärin 14 lähettiä, ja 15–20 pakettia päivässä lähettiä kohden. Pakettien tai asiakirjojen jakelun osalta esitellään järkevimmiä keinoiksi joko integroida pyörät osaksi suurempien yritysten toimintaa keskittymään tietyille alueille, ohjata täsmällisesti toimitettavat kuljetukset niille, tai markkinoida niitä ekologisuuden kannalta.

Katsauksen keskittyessä lähinnä pakettien ja asiakirjojen kuljetuksiin eivät sen päätelmät vastaa suoraan työssä tutkittavan toiminnan tietoja, eikä esimerkiksi liikevaihdon arviointia voi suoraan verrata näihin lounaskuljetuksiin tai kotiruokapalvelun kuljetuksiin, joissa asiakkaiden määrä ei vaihtelee vastaavalla tavalla. Katsaus antaa kuitenkin hyvän kuvan erilaisten rahtipyörien käytöstä jakelutoiminnassa yleisesti.

10 LOPUKSI

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää sähköavusteisen rahtipyörän käytettävyyttä elintarvikekuljetuksissa, kuten vanhusten ruokapalvelussa, siihen rakennettavan monilämpökuormatilan kanssa osana Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteisen kaupunkikehittämisen strategian (6Aika) Citylogistiikan uudet tavoitteet -hanketta. Tavoitteena oli selvittää, onko sähköavusteinen rahtipyörä varteenotettava vaihtoehto viimeisen kilometrin kuljetuksissa, avata syitä vaihtoehtoisen tekniikan etsimiselle, sekä arvioida sen vaikutuksia ja mahdollisia käyttökohteita.

Työssä saatiin tietoa jakelutoiminnan vaikutuksista esimerkiksi päästöjen ja talouden kannalta työn hankekonsortion kuntien ja Suomen valtion osalta, sekä Euroopan unionin osalta. Lisäksi esiteltiin sähköavusteisissa rahtipyörissä käytettävää tekniikkaa, jakelutoimintaan liittyviä vaatimuksia esimerkiksi lainsäädännön suhteen, sekä kerrottiin suunnitellusta kokeilusta sähköavusteisella rahtipyörällä – ja sen korvanneesta kokeilusta täyssähköpakettiautolla. Lopuksi tulosten perusteella arvioitiin pyörän käytettävyyttä ja käyttökohteita, sekä esiteltiin esimerkkejä käytöstä nykyisellään.

Vertailussa keskityttiin aika paljolti päästöjen vertailuun. Kulutus- ja päästövertailu polttomootoriautoon olisi ollut onnistuneempaa jos vertailussa olisi voitu käyttää autotyyppien kulutus- tai päästölukemia kaupunkiajossa, eikä valmistajan ilmoittaman keskikulutuksen mukaisia arvoja. Rahtipyörän käytettävyyden vertailu ei oikein onnistu ilman kokeilua. Niiden käytöstä ei esimerkiksi siirtymäaikojen suhteen ollut työtä tehdessä saatavilla tutkimustietoa.

Suoria laaja-alaisia vaikutuksia ovat autoliikenteen vähenemisestä johtuvat kasvihuonekaasujen, pakokaasupäästöjen, ruuhkan, ja melusaasteen väheneminen. Kokeilun perusteella käyttö vähentää jakelun elinkaarihiilidioksidipäästöjä dieselkäyttöiseen pakettiautoon verrattuna vähintään 85–90 % ja terveydelle haitalliset pakokaasupäästöt poistuisivat kokonaan.

On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, etteivät tulokset kokeilun puuttumisesta johtuen välttämättä vastaa käytäntöä sähköavusteisella rahtipyörällä. Työtä varten löytyneet aikaisemmat tutkimukset eivät käsitelleet toimintaa ruokapalvelun kaltaisessa toiminnassa, eikä niiden kokeilujen olosuhde välttämättä vastaa toimintaa Suomessa. Työssä arvioi-

tiin pääsääntöisesti sähköavusteisen rahtipyörän vaikutuksia, ja vertailua tehdään polttomootorikäyttöiseen pakettiautoon, mutta täyssähköisellä pakettiautolla tehdyn testin johdosta mukana on myös tietoa sen käytöstä vertailun pohjana.

Tuloksia voidaan hyödyntää arvioitaessa vaihtoehtoisia tekniikoita ympäristöystävällisemmille ja edullisemmille kuljetuksille erityisesti kaupunkialueelle sijoittuvassa toiminnassa. Tarkemman arvion saamiseksi rahtipyörän käytön kannattavuuden niin sanotuista raja-arvoista – eli esimerkiksi millä etäisyyksillä ja kohteiden määrillä toiminta on vielä kannattavaa – tulisi järjestää kokeilua, tai tehdä tutkimusta nykyisten käyttökohteiden osalta maissa, joissa käyttöä on ollut tarpeeksi kauan.

LÄHTEET

6Aika. Viitattu 19.10.2020. <https://6aika.fi/>

6Aika. 2020. Näin 6Aika on vaikuttanut yrityksiin: DHL ja citylogistiikka. Viitattu 29.9.2020. <https://6aika.fi/nain-6aika-on-vaikuttanut-yrityksiin-dhl-ja-citylogistiikka/>

Ahoranta, J. 2016. Sähkötekniikka. 15. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Alastalo, H.; Kehusmaa, S. & Penttinen, L. 2018. Harva ikäihminen saa kotihoitoa yksityiseltä yritykseltä – ympärivuorokautisessa hoidossa yksityisen sektorin osuus ennallaan. Terveystieteiden tutkimuskeskus ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 8.12.2020. <https://www.julkari.fi/handle/10024/140545>

Anders, G. 2016. Riese & Müller Packster: Et første møte. Cargobikemag. Viitattu 1.11.2020. <https://cargobikemag.com/riese-muller-packster-et-forste-mote/>

Arcus, C. 2018. Tesla Model 3 & Chevy Bolt Battery Packs Examined. Cleantechica. Viitattu 3.12.2020. <https://cleantechica.com/2018/07/08/tesla-model-3-chevy-bolt-battery-packs-examined/>

Blondel, B. & Mispelon, C. 2011. Cycle more often 2 cool down the planet: Quantifying CO2 savings of cycling. European Cyclists' Federation (EFC). Viitattu 23.11.2020. <https://ecf.com/groups/cycle-more-often-2-cool-down-planet-quantifying-co2-savings-cycling>

Bosch a. Viitattu 22.11.2020. <https://www.bosch-ebike.com/en/products/performance-line-cx/#c101382>

Bosch b. Viitattu 22.11.2020. <https://www.bosch-ebike.com/en/products/batteries/>

BOSCH 2003. Autoteknillinen taskukirja. Suom. Autoalan Koulutuskeskus Oy. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Chatzikomis, C. I.; Spentzas, K. N. & Mamalis, A. G. 2014. Environmental and economic effects of widespread introduction of electric vehicles in Greece. Springer. Viitattu 24.11.2020. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12544-014-0137-1>

Deloitte 2018. Kuntien ilmastotavoitteet ja -toimenpiteet. Sitra. Viitattu 23.11.2020. <https://www.sitra.fi/julkaisut/kuntien-ilmastotavoitteet-ja-toimenpiteet/>

DHL global. ROLLING EMISSIONS-FREE THROUGH ROTTERDAM. Viitattu 3.12.2020. <https://www.dhl.com/global-en/spotlight/sustainability/carbon-neutral-delivery.html>

DHL us. 2019. DHL ROLLS OUT ITS CUBICYCLE IN NEW YORK CITY, PARTICIPATING IN NEW PILOT PROGRAM TO TEST THE USE OF CARGO BIKES TO ALLEVIATE TRAFFIC CONGESTION. Viitattu 7.7.2020. <https://www.dhl.com/us-en/home/press/press-archive/2019/dhl-rolls-out-its-cubicycle-in-new-york-city-participating-in-new-pilot-program-to-test-the-use-of-cargo-bikes-to-alleviate-traffic-congestion.html>

ebikestore. Viitattu 21.11.2020. <https://www.ebikestore.fi/huolto>

Endoro 2016. Riese und müller - tvåhjulig lastcykel. Foto från Svenska Lastcykelmässan 2016, Stockholm. Viitattu 15.7.2020. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Riese_und_m%C3%BCller_cargo_bike.jpg

European Commission 2014. Special Eurobarometer 422a – Quality of transport. Viitattu 2.12.2020. https://ec.europa.eu/comfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_422a_en.pdf

European Commission 2018. Statistical pocketbook 2018. Viitattu 14.4.2020. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/52f721ed-c6b8-11e8-9424-01aa75ed71a1#>

European Parliament 2019. CO₂ emissions from cars: facts and figures (infographics). Viitattu 19.7.2020. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

Ford. Transit Connect esite - Transit_Connect_20.25_V6_#SF_FIN_FI_LR_EBRO.pdf. Viitattu 21.11.2020. <https://www.ford.fi/hyotyajoneuvot/transit-connect?vehicleNavCategory=vans%20&%20pick-ups#overlay/content/overlays/download-a-brochure/new-transit-connect>

Gevaers, R.; Van de Voorde, E & Vanelslander, T. 2009. CHARACTERISTICS OF INNOVATIONS IN LAST MILE LOGISTICS - USING BEST PRACTICES, CASE STUDIES AND MAKING THE LINK WITH GREEN AND SUSTAINABLE LOGISTICS. University of Antwerp. Department of Transport and Regional Economics. Viitattu 14.6.2020. <https://citeeex.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.676.5843&rep=rep1&type=pdf>

Gevaers, R.; Van de Voorde, E & Vanelslander, T. 2014. Cost Modelling and Simulation of Last-mile Characteristics in an Innovative B2C Supply Chain Environment with Implications on Urban Areas and Cities. University of Antwerp. Department of Transport and Regional Economics. Viitattu 14.6.2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814015213>

Hall, D. & Lutsey, N. 2018. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. (ICCT) the International Council on Clean Transportation. Viitattu 22.11.2020. <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

Helsinki Region Infoshare. 2020. KUUDEN SUURIMMAN KAUPUNGIN VANHUSTEN PALVELUJEN VERTAILU. Excel-taulukko. Viitattu 5.12.2020. <https://hri.fi/data/dataset/kuuden-suurimman-kaupungin-vanhustenpalvelujen-vertailu>

International cargo bike festival. Viitattu 9.12.2020. <https://cargobikefestival.com/>

Itämäki, H. 2019. Kuutoskaupunkien ekologisen kestävyuden indikaattorit. Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala. Viitattu 15.4.2020. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-34-19.pdf>

Liikkuva laatikko. 2020. Tavarankuljetus kaupungissa. Viitattu 3.12.2020. <https://liikkuvalaattikko.fi/tavarankuljetus-kaupungissa/>

Maesa, V. & Vanelslandera, T. 2012. The use of bicycle messengers in the logistics chain, concepts further revised. Procedia - Social and Behavioral Sciences 39. University of Antwerp. Viitattu 28.11.2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281200585X>

MarleenKookt. Viitattu 12.4.2020. <https://www.marleenkookt.nl/over-marleen/>

Massay-Kosubek, Z. 2018. New report reveals the health costs of dirty diesel. Viitattu 28.11.2020. <https://epha.org/the-health-costs-of-dirty-diesel/>

Metroauto. Viitattu 3.12.2020. <https://huoltovaraus.metroauto.fi/varaus/huolto>

Munk, J. 2016. Deutsch: Butchers & Bicycles Cargo Bikes from Copenhagen, Denmark. Viitattu 12.12.2020. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Butchers_%26_Bicycles,_Mk1-E,_PRO_-_Black.jpeg

Paastela, K. 2020. Baanalle avataan pakettipiste – ”Samaa väylää hyödyntävät jatkossa myös logistiikan rahtipyörät”. Viitattu 11.12.2020. <https://www.helsinginuuksiset.fi/paikalliset/2042155>

Paljärvi, S. 2012. Muuttuva kotihoito (15 vuoden seurantatutkimus Kuopion kotihoidon organisoimis-, sisällöstä ja laadusta). Publications of the University of Eastern Finland. Väitöskirja. Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto. Viitattu 4.12.2020. <https://erepo.uef.fi/handle/123456789/10544>

Pärssinen, J. 2017. Sähköavusteisen rahtipyörän suunnitteluprosessi – osallistuminen RD-Velho Design Award –muotoilukilpailuun. Tiivistelmä. Viitattu 14.4.2020. <https://aaltoodoc.aalto.fi/handle/123456789/28606>

Renault. Lataa esite: KANGOO_VU_FI_final_netti.pdf. Viitattu 24.11.2020. <https://www.renault.fi/tavara-autot/kangoo-express/>

Saukkonen, S.-M.; Mölläri, K.; Mäkelä, M. & Kehusmaa, S. 2020. TILASTORAPORTTI 34/2020. Viitattu 19.11.2020. <https://www.julkari.fi/handle/10024/140545>

Shimano. Dealer’s manual – Shimano Steps E6100 / E6180 Series. Viitattu 22.11.2020. <https://si.shimano.com/api/publish/storage/pdf/en/dm/E6100/DM-E6100-05-ENG.pdf>

Tapaninen, U. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Helsinki: Otatieto.

Tesla. Viitattu 3.12.2020. https://www.tesla.com/fi_fi/model3

Tilastokeskus 2018. 11ig -- Ilmapäästöt toimialoittain, 2008-2018. Viitattu 14.4.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_lii_merek/

Tilastokeskus 2019a. 11ck -- Autojen ensirekisteröinnit käyttövoiman mukaan, 1990-2019. Viitattu 14.7.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_lii_merek/

Tilastokeskus 2019b. 11ra -- Tunnuslukuja väestöstä alueittain, 1990-2019. Viitattu 12.4.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_lii_merek/

Tilastokeskus 2019c. 11s8 -- Taajamat väkiluvun ja väestötiheyden mukaan, 2019. Viitattu 15.11.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_lii_merek/

Tilastokeskus 2019d. 12.3.2 Sähkön ja lämmön tuotannon CO₂-päästöt. Excel-taulukko. Viitattu 13.11.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene/

Tilastokeskus 2019e. 13.3 Polttonesteiden kuluttajahinnat. Excel-taulukko. Viitattu 15.11.2020. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/html/suom0011.htm

Tilastokeskus 2019f. 12gx -- Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (sis. sähköenergian, siirtomaksun ja verot), 1992M01-2020M09. T5 (Yritys- ja yhteisöasiakkaat, vuosikulutus < 20 MWh/vuosi) (2007M6-). Viitattu 15.11.2020. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/html/suom0011.htm

Tilastokeskus 2019g. 12.3.2 Sähkön ja lämmön tuotannon CO₂-päästöt. Excel-taulukko. Viitattu 18.11.2020. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/html/suom0011.htm

Todts, W. 2018. CO₂ emissions from cars: the facts. Transport & Environment. Viitattu 23.11.2020. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf

Traficom. Ajoneuvoverolaskuri. Viitattu 3.12.2020. <https://laskurit.trafi.fi/ajoneuvoverolaskurit>

Traficom 2019a. Ensirekisteröinnit-ajoneuvoluokittain-vuosina-1966-2019. Excel-taulukko. Viitattu 25.11.2020. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ensirekisteroityjen-ajoneuvojen-tilastot>

Traficom 2019b. Sähköiset liikkumisvälineet. Viitattu 15.6.2020. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/sahkoiset-liikkumisvalineet>

Traficom 2019c. WLTP-päästömittaus. Viitattu 22.11.2020. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/wltp-paastomittaus>

Traficom 2019d. Ajoneuvokannan tilastot. Liikennekäytössä olevat henkilö- ja pakettiautot merkeittäin ja malleittain 31.12.2019 (xlsx, 4.36 MB). Excel-taulukko. Viitattu 19.11.2020. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ajoneuvokannan-tilastot?toggle=Merkit%20ja%20mallit%20ajoneuvoluokittain>

Turun yliopiston sääasema. Hae säähavaintoja. Viitattu 5.10.-29.10.2020. <https://weather.utu.fi/index.php/asema/>

Valtioneuvosto. 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Viitattu 29.10.2020. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Velove. Viitattu 8.12.2020. <https://www.velove.se/product-details>

Verovirasto 2018. Uusien pakettiautojen CO₂-tilastoja. Viitattu 19.11.2020. <https://www.vero.fi/contentassets/01db121f4ff64346b83c0000ce33d215/uusien-pakettiautojen-co2-tilastoja-2010-2018.pdf>

Väisänen, P. & Moilanen, V. 2020. Pakettipalvelukyselyn tulokset. Valonia. Viitattu 10.12.2020. <https://www.valonia.fi/materiaali/pakettipalvelukyselyn-tulokset/>

Täyssähköpakettiautokokeilun tulokset ja laskelmat

Mittaustulokset (1/3).

Selite	Ajo	Pvm.	Lähtöaika	Lähtöaika	Saapumis	Saapumis	Lataukse	Kohteide	Ylimääräi	Lämpötila	A – B (km)	Huomatt	Huomatta
			– A	– B	aika – C	aika – D	n	n	set	klo. 11:00	ava	va	
								aloitusaik	lukumäär	käynnit	nen ajo		ylimääräin
								a	ä		(km)	(vähennett	y
												y	
												tuloksista)	
Lähtöpiste A													
Keittiö B		5.loka							22		15,6	10,5	
Viimeinen kohde C		6.loka	9:14	9:50	12:21	14:14	14:14		17		13,8	10,5	
Viimeinen paikka (pysäköinti yön yli) D		7.loka	8:52	9:24	11:55	14:05	14:05		21		13,5	10,5	
Laskettu luku Punainen		8.loka	8:57	9:24	12:57	15:27	15:27		22		13,8	10,5	
		12.loka	8:57	9:25	12:26	13:40	13:40		22	1	9,8	10,5	
		13.loka	9:03	9:28	11:40	13:01	13:01		17		9,8	10,5	
		14.loka	8:55	9:20	12:15	13:26	13:26		22		6,6	10,5	
		15.loka	8:56	9:25	13:15	14:37	14:37		23		5,6	10,5	2 0:20
		19.loka	9:05	9:30	12:45	13:42	13:42		24	1	2,6	10,5	
		20.loka	9:00	9:24	11:43	13:15	13:15		17		2,8	10,5	
		21.loka	8:59	9:24	12:20	12:40			23		7,2	10,5	
		22.loka	9:02	9:26	12:48	15:55	15:55		22		10,3	7,9	
		26.loka	9:02	9:31	12:57	14:51			23	1	11,2	10,5	
		27.loka	8:59	9:27	11:54	12:30	12:30		18		11,8	8,2	
		28.loka	8:59	9:26	12:49	21:21			23	1	10,9	10,5	
		29.loka	9:01	9:27	13:10	15:22	15:22		25	2	10,8	8,1	

Mittaustulokset (2/3).

Ajo Pvm.	Saavutetaan C				Saavutetaan D				Latausta aloitetaan				Muuta				
	Kilometrit (km)	Kulutus (kWh)	Keskikulutus (kWh/100 km)	Keskinopeus (km/h)	Kilometrit (km)	Kulutus (kWh)	Keskikulutus (kWh/100 km)	Keskinopeus (km/h)	Kilometrit (km)	Kulutus (kWh)	Keskikulutus (kWh/100 km)	Keskinopeus (km/h)	Akun varaus lopetettaessa (analoginen mittari) (/8)	Huomautukset	Keskilämpötila (°C)	Korkein lämpötila (°C)	Matalin lämpötila (°C)
5.loka	37,2				105,9				105,9				4		9,75625	15,6	2,6
6.loka	30,2				44,6				44,6				6-				
7.loka	30,9	5	17,5	19,4	44,2	7	17,2	19,3	44,2	7	17,2	19,3	6+				
8.loka	30,4	5	18,5	18,7	48,4	9	19,7	17,2	48,4	9	19,7	17,2	6-				
12.loka	31,1	6	20,8	19,4	37	7	21,1	18,4	37	7	21,1	18,4	6				
13.loka	29,7	5	19	20,5	40,8	7	18,5	20,6	40,8	7	18,5	20,6	6+				
14.loka	32	5	16	18,4	37,9	6	16,4	17,8	37,9	6	16,4	17,8	6+				
15.loka	29,6	7	23,9	18,4	46,7	11	22,8	18	48,7	11	22,8	18	5+				
19.loka	35,3	8	24,6	19,6	39,1	9	25	19	39,1	9	25	19	6-				
20.loka	29,5	6	23,6	19,5	34,6	8	24,8	18,2	34,6	8	24,8	18,2	6				
21.loka	32,9	7	21,9	18,7	33,9	7	21,9	18,8	33,9	7	21,9	18,8	6+				
22.loka	30,8	6	22,6	17,3	48,1	11	23,5	15,9	82	16	23,5	15,9	2-	Lataustesti EduCityn kellarissa			
26.loka	36,5	8	22,5	16,9	47,6	11	23,4	14,9					5+	Ei latausta, ei ajotietokoneen nollausta			
27.loka	27,4	6	22,7	15,9	34,9	7	22,8	15,8	82,5	18	22,8	15,8	3+				
28.loka	33,6	6	19,9	18	68,9	13	19,4	19,4					5	Ei latausta, ajotietokoneen nollaus			
29.loka	33,4	7	22,2	18,5	50,3	10	21,5	18,5	119,2	10	21,5	18,5	2-				

Mittaustulokset (3/3).

yölämpötilat	A-C km ka.													
21.-22.10.	9,8	31,90625												
26.-27.10.	10													
28.-29.10.	9,3													
Muut ajot, joita ei voitu vähentää latauksista														
Pvm.	Lähtöaika - A	Saapumis aika - D	Lämpötila klo. 19:00	Kilometrit	kWh	kWh/100 km	Keskinop eus	Huomautukset						
21.loka	15:00	22:30	9,6	29,5	5	19,3	27,2	Akun varauksen purkamista lataustestiä varten, ajotietokonetta ei nollattu 21.10. latauksen jälkeen						

Kohde:	Paikka	Piha/Ylein en	Autopaikk a / Ei autopaikk a		
1.	J	Y	E	A	Asukaspaikka
2.	T	P	E	K	Kiekkopaikka
3.	T	P	E	M	Maksullinen paikka
4.	J	Y	E	I	Ilmaispaikka
5.	J	Y	E	J	Jalkakäytävä
6.	K	P	A	T	Tie tai piha-alue
7.	M	Y	A		
8.	T	P	E		
9.	A	P	A		
10.	A	P	A		
11.	J	Y	E		
12.	M	Y	A		
13.	I	Y	A		
14.	T	P	E		
15.	T	Y	E		
16.	T	Y	E		
17.	M	Y	A		
18.	T	P	E		
19.	J	Y	E		
20.	T	P	E		
21.	A	P	A		

Päivän tarkka aikataulu.

Kohde	km					min:s										
	Saavuttaa ssa – ylimääräi nen kierto poistettu na	Saavuttaa ssa – ylimääräi nen kierto poistettu na – lähtöpiste enä ensimmäi nen kohde	Saavuttaa ssa – ylimääräi nen kierto poistettu na – lähtöpiste enä ensimmäi nen kohde	Etäisyys edellisest ä kohteesta	Etäisyys – ka. mediaani	Saapumis aika	Lähtöaika	Saapumis aika – ylimääräi nen kierto poistettu na	Lähtöaika – ylimääräi nen kierto poistettu na	Matka kohteese en	Kohteess a	Matka kohteese en – ka.	Matka kohteese en – mediaani	Kohteess a – ka.	Kohteess a – mediaani	
1	17,4	17,4	0		0,733333	0,6	9:47	9:53	9:47	9:53		0:06	0:08	0:08	0:04	0:05
2	17,5	17,5	0,1	0,1			9:54	9:58	9:54	9:58	0:07	0:04				
3	20,1	20,1	2,7	2,6			10:06	10:11	10:06	10:11	0:12	0:05				
4	20,7	20,7	3,3	0,6			10:13	10:18	10:13	10:18	0:07	0:05				
5	22,4	22,4	5	1,7			10:24	10:29	10:24	10:29	0:11	0:05				
6	23	23	5,6	0,6			10:32	10:38	10:32	10:38	0:08	0:06				
7	24	24	6,6	1			10:44	10:49	10:44	10:49	0:12	0:05				
8	24,8	24,8	7,4	0,8			10:54	11:01	10:54	11:01	0:10	0:07				
9	25,1	25,1	7,7	0,3			11:06	11:14	11:06	11:14	0:12	0:08				
10	25,4	25,4	8	0,3			11:17	11:20	11:17	11:20	0:11	0:03				
11	26,2	26,2	8,8	0,8			11:24	11:28	11:24	11:28	0:07	0:04				
12	26,4	26,4	9	0,2			11:30	11:32	11:30	11:32	0:06	0:02				
13	27,7	27,7	10,3	1,3			11:40	11:45	11:40	11:45	0:10	0:05				
14	27,7	27,7	10,3	0			11:45	11:50	11:45	11:50	0:05	0:05				
15	28,1	28,1	10,7	0,4			11:52	11:55	11:52	11:55	0:07	0:03				
16	28,7	28,7	11,3	0,6			12:00	12:02	12:00	12:02	0:08	0:02				
17	28,8	28,8	11,4	0,1			12:05	12:11	12:05	12:11	0:05	0:06				
18	29,3	29,3	11,9	0,5			12:14	12:16	12:14	12:16	0:09	0:02				
19	29,4	29,4	12	0,1			12:18	12:24	12:18	12:24	0:04	0:06				
20	33,7	30	12,6	0,6			12:40	12:43	12:28	12:31	0:10	0:03				
21	34,6	30,9	13,5	0,9			12:47	12:50	12:35	12:38	0:07	0:03				
22	36,5	32,8	15,4	1,9			12:55	12:57	12:43	12:45	0:08	0:02				
YLIM.	33,1						12:24	12:36								

Lataukset.

Pvm	Klo.	Mittarilukema (km)	Trip (km)	Charged – aloitettaessa (kWh)	Charged – lopetettaessa (kWh)	Charged – Viimeisin lataus lopetettaessa (kWh)	Huomautukset	Laskennan linan varausprosentti latausta aloitettaessa	
5.loka									
6.loka		6046			11,06	11,07		64,29032	
7.loka	14:15	6091	44,2	0	9,45	0,5	<u>Laskennan linan 9,45</u>	98,3871	69,51613
8.loka	15:26	6139	48,4	9,45	20,88	11,42		63,16129	
12.loka	13:40	6176	37	20,88	29,42	8,54		72,45161	
13.loka	13:04	6217	40,8	29,43	38,12	8,71		71,90323	
14.loka	13:29	6255	37,9	38,12	45,17	7,04		77,29032	
15.loka	14:43	6304	48,7	45,17	57,75	12,58		59,41935	
19.loka	13:42	6343	39,1	57,75	69,12	11,37	Siirretty	63,32258	
20.loka	13:25	6377	34,6	69,12	79,25	10,14	?	67,29032	
21.loka	12:40	6411	33,9	79,25	87,51	8,26		73,35484	
22.loka	15:55	6523					Lataustesti EduCityn kellarissa		
23.loka	18:00	6545		87,51	94,37	6,86	Ei jakeluajo	77,87097	
27.loka	13:30	6628	82,5	94,37	115,8	21,44		30,83871	
29.loka	15:30	6747	119,2	115,8	143,71	27,91		9,967742	

Laskelmat mittaustulosten ja latausten pohjalta.

Ladattu	Kilometrit	Laskennal	Keskikulut	Akun	Laskennal
8.10.-	8.10.-	linen	us	käytettävi	linen
29.10. (ei	29.10. (ei	kulutus	(ajotietok	ssä oleva	toiminta
22.-	21.-	(kWh/100	one)	kapasitee	matka
23.10.)	22.10.)	km)	(kWh/100	tti (kWh)	(km)
(kWh)	(km)		km)		
127,41	522,1	24,40337	20,925	31	127,0316

Pvm.	B – C (km)	B – C (t:min)	A – D (t:min)	A – C (t:min)	B – D (t:min)	Keskimää räiset kilometrit B–C (km)	Keskimää räinen aika B–C (t:min)
5.loka	26,7					21,8625	3:01
6.loka	19,7	2:31	5:00	3:07	4:24		
7.loka	20,4	2:31	5:13	3:03	4:41		
8.loka	19,9	3:33	6:30	4:00	6:03		
12.loka	20,6	3:01	4:43	3:29	4:15		
13.loka	19,2	2:12	3:58	2:37	3:33		
14.loka	21,5	2:55	4:31	3:20	4:06		
15.loka	19,1	3:50	5:41	4:19	5:12		
19.loka	24,8	3:15	4:37	3:40	4:12		
20.loka	19	2:19	4:15	2:43	3:51		
21.loka	22,4	2:56	3:41	3:21	3:16		
22.loka	22,9	3:22	6:53	3:46	6:29		
26.loka	26	3:26	5:49	3:55	5:20		
27.loka	19,2	2:27	3:31	2:55	3:03		
28.loka	23,1	3:23	12:22	3:50	11:55		
29.loka	25,3	3:43	6:21	4:09	5:55		

Kulutus- ja päästölaskelmat.

Sähkön hinta / kWh (snt€)	Dieselin litrahinta (snt€)	Bensiinin litrahinta (snt€)	Jakelukok eilussa ladatun sähkön hinta (snt€)	Sähkön hinta / 100km (snt€)	Dieselin kulutus samalla hinnalla (L)	Bensiinin kulutus samalla hinnalla (L)								
12,17	142	153	1550,58	296,989	2,091472	1,941105								
Laskennan kulutus [kWh/100 km]	Sähkö CO2 / kWh	Sähkö CO2/km elinkaari	Diesel CO2 / km	Diesel ha. CO2/km elinkaari	Ford Dci	Ford Dci yhdistetty kulutus	Sähköavu steinen polkupyörä	Sähköavu steinen polkupyörä (ml. ruoka)	R&M* (akun kapasiteetti) (kWh)					
24,40337	115	89,1	166	206,1	141	5,4	16	22	0,4824					
Kulutus A-C (kWh)	A-C ka. (km)	Sähkö €	Sähkö CO2	Sähkö CO2 elinkaari	Diesel CO2	Diesel CO2 elinkaari	Ford CO2	Ford € / 100 km	Ford € / päivä	R&M* CO2	Sähköavu steinen polkupyörä CO2 elinkaari	Sähköavu steinen polkupyörä (ml. ruoka) CO2 elinkaari	R&M* €	
7,786201	31,90625	0,947581	895,4131	2842,847	5296,438	6575,878	4498,781	7,668	2,446571	55,476	510,5	701,9375	0,058708	

(Turun yliopiston sääasema n. d; Tilastokeskus 2019e; Tilastokeskus 2019f; Tilastokeskus 2019g; Riese & Müller n. d; Ford n. d; Blondel & Mispelon 2011, 10.)

Turun kaupungin terveystarkastajan sähköpostihaastattelu

Stark Sanna – sanna.stark@turku.fi

pe 13.3.2020 9.28

Vastaanottaja: Allonen Luukas

Hei,

myös elintarvikekuljetusten osalta tulee lähteä siitä, että elintarvike turvallisuus ei vaarannu. Kuljetuksessa on tavasta riippumatta huomioitava, että elintarvikkeet kuljetetaan lainsäädännön asettamissa lämpötilan raja-arvoissa. Toimija vastaa toiminnasta ja lämpötilojen hallinnasta ja toimijalla tulee olla keinot osoittaa että kuljetuslämpötilat pysyvät lainsäädännön asettamissa rajoissa.

Ruokaviraston sivuilta löydätte tietoa elintarvikekuljetusten osalta

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/kuljetus/>

Elintarvikkeiden kuljetuslämpötiloista on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa EPNAs (EY) N:o 852/2004, lisäksi Suomessa on annettu kansallisesti MMM:n asetus (1367/2011) ilmoitettujen elintarvikehuoneistojen elintarvikehygieniasta sekä MMM:n asetus (1369/2011) laitosten elintarvikehygieniasta. Pakastekuljetusten osalta kansallisista lämpötilavaatimuksista ja pakastettujen elintarvikkeiden valvonnassa käytettävistä näytteenotto- ja mitausmenetelmistä on säädetty MMM:n asetuksella 818/2012 pakasteista.

Ystävällisin terveisin
Sanna Stark
Terveystarkastaja

Turun kaupunki
Kaupunkiympäristötoimiala
Ympäristöterveys
PL 355, 20101 Turku

Puh./ Tel. 044 907 3696
sanna.stark@turku.fi
ymparistoterveys@turku.fi
www.turku.fi

Terveystarkastajat tavoitetaan parhaiten puhelinaikana ma-pe 8.30-9.30