

Henna Puromäki

Selvitys dieseltrukkien korvaamisesta sähkötrukeilla ja vaihdon
kannattavuus

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
2019

SELVITYS DIESELTRUKKIEN KORVAAMISESTA SÄHKÖTRUKEILLA JA VAIHDON KANNATTAVUUS

Puromäki, Henna
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2019
Sivumäärä: 58
Liitteitä: 1

Asiasanat: trukit, energiatehokkuus, ympäristöhyödyt

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Euroports Rauma Oy:lle selvitys dieselkäyttöisten vastapainotrukkien vaihtamisesta sähköisiin vastaaviin ja mahdollisen vaihdon kannattavuus. Toisena tavoitteena oli selvittää mahdollisen vaihdon ympäristöhyödyt.

Työssä keskityttiin kahden paperirullavarastona toimivan varastohallin toimintoihin ja hallissa käytössä oleviin 3,5 tn- ja 5,0 tn nostokyylyltään oleviin trukkeihin. Aihepiirin laajuuden vuoksi, samaan aiheeseen liittyen toteutetaan myös kaksi muuta opinnäytetyötä Satakunnan Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden toimesta, toinen 16,0 tn nostokyylyltään olevasta trukista ja toinen sähkötrukkien lataamiseen tarvittavasta välineistöstä ja infrasta.

Työssä kartoitettiin nykyisen prosessin toimintaa ja nykyisten trukkien käyttöastetta ja vuosittaisia kustannuksia. Sähkötrukkien valinta suoritettiin pyytämällä tarjouksia trukkitoimittajilta ja näiden tarjousten perusteella suoritettiin myös leasing-hintojen vertailu eri trukkien välillä. Käyttövoimakustannusten vertailua suoritettiin dieselkäyttöisten ja sähkökäyttöisten trukkien välillä.

Opinnäytetyö tehtiin osana Satamari- hanketta, jonka tarkoituksena on selvittää ja parantaa Satakunnan alueen meriklusterin energiatehokkuutta. Työn tuloksena saadaan Euroports Rauma Oy:lle vertailut eri trukkivaihtoehtojen käyttövoimakustannuksista, leasing- hinnoista ja laskelma hiilidioksidipäästöjen vähenemisestä vaihdon myötä. Tämän työn tiedonhankinnan tuloksena toimitetaan myös Euroports Rauma Oy:lle työtä varten saadut tarjoukset Toyota Material Handling Oy:ltä ja Wihuri Oy Tekninen Kaupalta.

REPLACING DIESEL-POWERED FORKLIFTS WITH ELECTRIC FORKLIFTS AND FEASIBILITY OF THE CHANGE

Puromäki, Henna

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

November 2019

Number of pages: 58

Appendices: 1

Keywords: forklift, energy efficiency, environmental benefits

The purpose of this thesis was to produce Euroports Rauma Ltd a report on the replacement of diesel-powered forklifts and the feasibility of this replacement. Another objective was to determine the environmental benefits of this exchange.

The report focused on the operations of two storage halls and the 3,5 tn and 5,0 tn forklifts used in the halls.

The work was started by establishing the current operating process and the annual fuel costs of the existing forklifts. The selection of electric forklifts was made by sending offer requests to forklift suppliers. Based on these offers, a comparison of the leasing-prices between different forklifts was carried out and a comparison of operating costs was made between diesel and electric powered forklifts.

This thesis was carried out as a part of the Satamari- project, which aims to improve the energy efficiency of Satakunta region maritime cluster. As a result of this thesis, Euroports Rauma Ltd is provided comparisons of operating costs, leasing- prices and a calculation of the reduced carbondioxide emissions caused by the possible exchange.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	EUROPORTS OY JA SATAMARI- HANKE	6
2.1	Satamari- hanke	6
3	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	7
3.1	Dieseltrukkien vaihtaminen sähkötrukkeihin; vaihdon kannattavuus	7
3.2	Ympäristöhyödyt.....	7
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	8
4.1	Nykyisten trukkien kulutustietojen selvitys.....	8
4.2	Sähkötrukkien mallivalinta	9
4.2.1	Wihuri Tekninen Kauppa Oy (Linde)	9
4.2.2	Toyota Material Handling Finland Oy	10
4.3	Investointilaskenta	13
4.4	Käytönaikaisten kustannusten vertailu ja kannattavuuden arviointi.....	15
4.4.1	Toyota 3,5 tn sähkökäyttöinen vastapainotrukki.....	17
4.4.2	Toyota 5,0 tn trukit	21
4.4.3	Latauslaitteisto.....	25
5	TUTKIMUKSEN LÄHTÖTIEDOT JA PERUSTEET	29
5.1	Prosessi	29
5.2	Trukit.....	33
5.2.1	Linde H50.....	34
5.2.2	Linde H35D.....	35
5.3	Perusteita tutkimukselle	37
5.3.1	Työkoneiden CO ₂ - päästölainsäädäntö nyt ja tulevaisuudessa	37
6	VAIHDON YMPÄRISTÖHYÖDYT	42
6.1	Polttomoottorin aiheuttamat paikalliset päästöt.....	42
6.2	Sähkön tuotannon päästöt	45
7	TUTKIMUKSEN TULOKSET	47
7.1	Leasing- tarjoukset.....	47
7.2	Käyttökustannusten vertailu ja kannattavuus.....	49
7.3	Ympäristöhyödyt.....	54
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	57
	LÄHTEET.....	59
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Euroports Rauma Oy:lle selvitys, jossa käsitellään nykyisten dieseltrukkien vaihtoa vastaaviin sähköisiin trukkeihin. Vaihdon kannattavuutta arvioidaan vertaamalla uusien sähkötrukkien leasing- hintoja uusien vastaavien dieseltrukkien leasing- hintoihin. Opinnäytetyössä verrataan myös molempien trukkien käyttövoimakustannuksia ja niiden eroja. Opinnäytetyöhön kuuluu myös ympäristöhyötyjen arviointi, joka sisältää päästölaskennan nykyisten trukkien paikallisille päästöille ja selvityksen sähkötrukkien lataamisen vaatiman sähkön hiilidioksidipäästöistä.

Opinnäytetyö on toteutettu osana SataMari- hanketta, joka on Euroopan aluekehitysrahaston ja Satakunnan Ammattikorkeakoulun rahoittama hanke. Hankkeen tavoitteena on muun muassa Satakunnan meriklusterin nykytilanteen energiatehokkuuden selvittäminen, käytännön toimien löytäminen energiatehokkuuden parantamiseksi ja lisätä alueen kilpailukykyä vastaamaan paremmin kiristyviin ympäristösääntelyihin. (Smart Urban Business www-sivut 2019.)

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan Euroports Rauma Oy:n varastohalleja 18 ja 20, joissa varastoidaan ja käsitellään paperirullia. Paperirullat tuodaan varastoihin asiakkaalta junalla tai rekalla. Varastoista paperirullat pakataan merikontteihin ja lähetetään edelleen maailmalle. Varastoissa käytetään kolmea truckkia paperirullien purkamiseen, merikontteihin lastaamiseen ja siirtelyyn. Tässä selvityksessä keskitytään kahteen paperirullia rekoista ja junista purkavaan ja merikonttien kuormaamisessa käytettäviin, nostokyvyltään 3,5 tn ja 5,0 tn oleviin trukkeihin ja niiden vaihtoon sähköisiksi. Tämän selvityksen kanssa yhteistyössä toteutetaan myös opinnäytetyö, joka käsittelee nostokyvyltään 16 tn olevia trukkeja, jotka siirtelevät varastoissa suurempia määriä paperirullia kerralla. Toisen opinnäytetyön toteuttaa Satakunnan Ammattikorkeakoulun opiskelija Emma Selin. Opinnäytetyöt suoritetaan yhteistyönä ja ne esitellään työn tiilajalle yhdessä. Tässä selvityksessä käsitellään pintapuolisesti sähkötrukkien tarvitsemaa latausinfraa. Sähkötrukkien akkujen lataamisen tarvitsemiin sähköliittymiin liittyen toteutetaan oma erillinen opinnäytetyö, jonka toteuttaa Satakunnan Ammattikorkeakoulun opiskelija Joonas Karttunen.

2 EUROPORTS OY JA SATAMARI- HANKE

Euroports on logistiikka- ja kuljetuspalveluita tuottava konserni, joka toimii ympäri maailmaa. Ydinpalveluita ovat muun muassa kuljetukset, terminaalitoiminnot sekä sopimuslogistiikka. Konserni on yksi suurimmista satamaoperaattoreista Manner-Euroopassa, sen kautta kulkee jopa 46 miljoona tonnia tavaraa vuodessa. Konsernilla on 25 satamaterminaalia, joista 22 on Euroopassa ja 3 Kiinassa. Suomessa Euroports Oy:llä on kaksi satamaa, joista toinen on Pietarsaassa ja toinen Raumalla. Pietarsaaren satama on erikoistunut sellun ja sahatavaran vientiin. Satama työllistää 40 henkilöä. (Euroports www-sivut 2019.)

Euroports Rauma Oy, joka toimii tämän työn tilaajana, on suomen suurin paperivientisatama sekä Länsi-Suomen suurin konttisatama. Rauman satama-alueella toimiva yritys toimittaa tavaraa ympäri maailman, muun muassa Pohjois-Afrikkaan, Amerikan itärannikolle, Manner-Eurooppaan ja Englantiin. Euroports Rauma Oy:n vienti ja tuonti on noin 6 miljoona tonnia vuodessa ja keskeisimpiä vienti- ja tuontitavaroita ovat muun muassa kemiallisen ja mekaanisen metsäteollisuuden tuotteet, kontit, projektiläiset ja bulkkitarvikkeet. Yhteensä Euroports Oy työllistää Suomessa lähes 600 ammattilaista, Raumalla heistä työskentelee noin 550. Yhtenä sataman avaintekijöistä on turvallisuus ja Rauman satama on vuonna 2015 valittu Suomen turvallisimmaksi satamaksi. (Euroports www-sivut 2019.)

2.1 Satamari- hanke

Euroports Rauma Oy on mukana Satamari- hankkeessa pilottikohteena. Satamari- hankkeen tavoitteena on muun muassa selvittää Satakunnan merisektorin nykytilanne energiatehokkuudessa sekä valmistautuessa uusiin säädöksiin, löytää käytännön toimia energiatehokkuuden parantamiseksi meriklusterissa ja lisätä alueen kilpailukykyä vastaamaan paremmin kiristyvään ympäristösääntelyyn esimerkiksi uusilla cleantech- ratkaisuilla. (Smart Urban Business www-sivut 2019.) Tämä selvitys on yksi Satamari- hankkeen energiatehokkuustoimenpiteistä pilottikohteessa, joten vaihdon kannattavuuden lisäksi selvityksessä arvioidaan myös vaihdon tuottamia ympäristöhyötyjä.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

3.1 Dieseltrukkien vaihtaminen sähkötrukkeihin; vaihdon kannattavuus

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa Euroports Rauma Oy:lle selvitys dieseltrukkien vaihtamisesta sähköisiin. Selvityksessä kartoitetaan leasing-vuokraushinnat, joihin sisältyy trukkien huolto ja ylläpito, sekä uusille sähkökäyttöisille vastapainotrukeille, että vastaaville dieselkäyttöisille vastapainotrukeille, käytönaikaisten kustannusten vertailut sähkö- ja dieselkäyttöisille vastapainotrukeille ja sähköisten vastapainotrukkien tarvitseman latauslaitteiston koko ja arvioitu kustannus. Selvityksen tavoitteena on myös kartoittaa leasing-sopimuksen sisältöä ja toimintaperiaatteita.

Vaihdon kannattavuutta arvioidaan sekä leasing-hintojen että käytönaikaisten kustannusten kannalta. Latauslaitteiston laajuudesta ja kustannuksista esitetään arvio, jonka perusteella voidaan arvioida laitteiston hankintaa omaksi tai mahdollisuutta hankkia latauslaitteisto myös leasing- sopimuksella. Selvityksen tavoitteena on tuottaa yleiskuvaus sähköisten vastapainotrukkien kustannuseroista dieselkäyttöisiin vastapainotrukkeihin ja kyseisen vaihdon kannattavuudesta yleisellä tasolla.

3.2 Ympäristöhyödyt

Selvityksessä kartoitetaan dieselkäyttöisten vastapainotrukkien käytönaikaiset päästöt ja sähköisten vastapainotrukkien akkujen lataamiseen vaaditun sähkön tuottamisen aiheuttamat päästöt. Selvityksessä esitellään myös pääpiirteittäin työkoneiden päästölainsäädäntöä ja työkonealan uutta green deal- sopimusta, joka tähtää päästöjen vähentämiseksi työkonealalla. Tuloksena saadaan mahdollisen vaihdon tuottamat päästövähennykset, sekä hiilidioksidipäästöistä, että muista moottoripolttoöljyn käytöstä aiheutuvista päästökomponenteista. Selvityksessä esitellään suuntaa antava hiilidioksidipäästölaskenta Euroports Rauma Oy:n toimittamien tietojen perusteella.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Selvitys aloitettiin kartoittamalla varastohallien 18 ja 20 nykytilanne ja prosessit. Yrityksen toimittamista trukkiin kulutustiedoista ja polttoaineiden toimitustiedoista määriteltiin selvityksessä käytettävien trukkiin vuosittaiset käyttöasteet, polttoaineen kulutukset ja huoltokustannukset.

Sähkötrukkiin valintaa varten lähetettiin tarjouspyynnöt kahdelle eri trukkiin toimittajalle ja näiden tarjoamien trukkiin perusteella suoritettiin käyttö- ja päästö- laskenta. Selvitys on osittain suoritettu yhteistyössä samoissa varastohalleissa toimivan suuremman trukkiin vastaavan selvitystyön kanssa. Suuremmalle trukkiin vastaavan selvitystyön on toteuttanut Satakunnan Ammattikorkeakoulun opiskelija Emma Selin ja nämä kaksi selvitystä esitellään työn tilaajalle yhdessä.

4.1 Nykyisten trukkiin kulutustietojen selvitys

Tutkimus aloitettiin selvittämällä nykyisten dieselkäyttöisten trukkiin ajotunnit, polttoaineen vuosittainen kulutus ja vuosittaiset huoltokulut. Lisäksi selvitettiin myös yrityksen kevyen polttoöljyn toimitustiedoista keskimääräinen yrityksen maksama hinta polttoaineelle. Euroports Rauma Oy:n toimittamista trukkiin kulutustiedoista valikoitiin tutkittavana olevia trukkeja parhaiten vastaavat yksittäiset trukit ja laskettiin niiden yhteenlasketut kulutustiedot vuodelle 2018. Näin saatiin myöhemmässä vaiheessa tarvittavat arvioidut käyttöasteet selville trukkiin kohtaisesti. Tässä työssä on myöhemmin eritelty tarkemmin verrokkitrukeiksi valittujen trukkiin kulutustietoja ja teknisiä tietoja osiossa; ”Tutkimuksen lähtötiedot ja perusteet”. Kulutustietoja tarvittiin muun muassa tarjouspyynnön tueksi käyttöasteen määrittämiseksi ja polttoaineen hintatietoja käytettiin käyttövoimakustannuksien arvioinnissa.

Sähkön hinta on laskettu Euroports Rauma Oy:n ilmoittaman energian myyntihinnan ja Rauman Energia Oy:n sähkön tehosiirtohinnoiston mukaan. Trukkiin latureiden huipputehot on laskettu sähkön hinnan muodostamista varten Wihuri Oy Tekninen Kauppa toimittamassa tarjouksessa ilmoittamien latureiden huipputehon perusteella.

4.2 Sähkötrukkien mallivalinta

Sähkötrukkien mallivalinta suoritettiin pyytämällä tarjouksia ja tietoja trukeista eri trukkitoimittajilta. Yrityksellä oli valmiina aiempia kontakteja, joiden kautta yritys on tehnyt edelliset trukkihankinnat, joten tutkimuksen avuksi tehtävät tarjouspyynnöt suuntautuivat näihin yrityksiin. Tarjouspyynnössä esitettiin tarjouksen koskevan sähköisen trukkaluston leasing- tarjouksia Euroports Rauma Oy:n satamatoimintaan. Tarjoukseen toivottiin sisältyvän kokonaisuudessaan leasing- vuokrauspaketti, eli kaikki määräaikaishuollot ja tarvittavat lisähuollot, sekä sähkötrukille sopiva latauslaite. Tarjouspyyntöön sisällytettiin myös trukkeihin tarvittavat lisälaitteet paperirullien käsittelyyn. Tarjouspyyntö on kokonaisuudessaan näkyvillä tämän tutkimuksen liitteenä.

Yritykset, joihin oltiin yhteydessä, olivat Wihuri Oy Tekninen Kauppa (myöhemmin WTK) ja Toyota Material Handling Finland Oy (myöhemmin TMHF). Molemmille toimitettiin sama tarjouspyyntö, jonka pohjalta tarjouksia ryhdyttiin mukauttamaan sekä tilaajan, että tämän tutkimuksen tarpeisiin.

4.2.1 Wihuri Tekninen Kauppa Oy (Linde)

WTK:n toimittamassa tarjouksessa on tarjouspyynnön mukaiset 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevat sähkökäyttöiset vastapainotrukit. 3,5 tn nostokyvyltään olevassa trukissa on tarjouksessa mukana sisäänrakennettu varaaja teholtaan 75 A. Sisäänrakennettu varaaja takaa trukin latauspaikan valintaan enemmän vaihtoehtoja. 5,0 tn nostokyvyltään olevassa trukissa on tarjottuna erillinen teholtaan 100 A oleva varaaja. Tarjouksessa on eritelty kummankin trukin oleelliset tekniset tiedot ja kuukausittainen leasing-hinta 60 kuukauden vuokra-ajalla. Kuvassa 1 nähtävillä tarjottu 5,0 tn sähkökäyttöinen trukki.

Tarjouksen leasing-hintaan sisältyy normaalista kulumisesta johtuvat korjaukset ja osien vaihdot sekä kaikki määräaikaishuollot. Tarjoukseen ei sisälly mahdollisia lisävarusteita eikä vaihtoakkua. Tarjoukseen on merkitty näille kuukausihinnoille maksimi ajotuntimääräksi 1500 tuntia vuodessa, ylimenevistä tunneista veloitetaan

laskennallinen tuntiveloitus. Taulukossa 1 kuvattuna WTK:n tarjoaman 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevien sähkökäyttöisten vastapainotrukkien perustiedot ja leasinghinnat kuukausitasolla. Akkujen laskennallisen tehon määrittelyssä on otettu huomioon TMHF:n tarjouksessaan määrittelemä 20 prosentin lataushäviö.

Taulukko 1. Linde nostokyvyltään 3,5 tn ja 5,0 tn sähkötrukkien perustietoja

LINDE E35HL			LINDE E50/600HL		
Nostokyky	3,50	tn	Nostokyky	5,00	tn
Akku	80/775	V/Ah	Akku	80/930	V/Ah
Laskennallinen teho	49,60	kW	Laskennallinen teho	49,60	kW
Hinta (alv. 0%)	1 070,00	€/kk	Hinta (alv. 0%)	1 289,00	€/kk
Käyttöaste	1 500,00	h/a	Käyttöaste	1 500,00	h/a
Hinta laskutuskausi	64 200,00	€/60kk	Hinta laskutuskausi	77 340,00	€/60kk
Vaihtoakku	Ei	V/Ah	Vaihtoakku	Ei	V/Ah
Hinta per käyttötunti	8,56	€/h	Hinta per käyttötunti	10,31	€/h



Kuva 1. Linde E50/600HL (Wihuri Oy Tekninen Kauppa www-sivut 2019)

4.2.2 Toyota Material Handling Finland Oy

TMHF toimitti tarjouksen ohella laskelmat sekä sähkö- että dieselkäyttöisten trukkien arvioituista käyttövoimakustannuksista, joten työn myöhemmässä kannattavuuden arvioinnissa käytetään heidän toimittamiaan tietoja ja käyttökustannusten laskentapohjaa. Tarjouksessa saatiin leasinghinnat 60 kuukauden vuokra-ajalle. Tarjouksen

lisäksi verrattiin sähkö- ja dieselkäyttöisen 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkien käyttökustannuksia ja niiden eroja. Tarjouksessa oli myös mukana teoreettinen arvio sähköisten ja dieselkäyttöisten trukkien päästöistä. Tarjouksen sisältöä ja kannattavuuden arviointia käsitellään tarkemmin osiossa 4.4 ”Kustannusten vertailu ja kannattavuuden arviointi”.

Trukkien varustelutaso määritellään tarkemmin mahdollisen tilauksen yhteydessä, jolloin trukit räätälöidään varustelultaan vastaamaan asiakkaan toiveita. TMHF:n tarjouksessa on sisällytettyä lisäakku jokaiselle trukille, jotta saadaan taattua ympäri vuorokautinen työskentely. Jokaiselle trukille on siis aina vaihtoakku ladattuna, jolloin itse trukkia ei viedä ladattavaksi vaan trukkiin vaihdetaan valmiiksi ladattu akku. Tarjouksessa leasing-hinnassa on myös huomioituna käyttöasteen määrittelyssä 30 prosentin vähennys sähkötrukkien ajotunteihin, sillä sähkötrukit eivät kuluta energiaa niin sanotusti ”tyhjäkäynnillä” vaan käyttävät energiaa ainoastaan, kun ajo- tai nostomoottoria käytetään. Näin ollen käyttöaste eli vuosittain nosto- tai ajotyöhön käytetyt tunnit voidaan laskea 30 prosenttia pienemmäksi kuin vastaavilla dieselkäyttöisillä trukeilla.

Tarjouksessa ei ole mainittu erillisiä varaajia tarjotuille trukeille, mutta tarjouksen liitteenä on suuntaa antava arvio mahdollisen latauslaitteiston hankintahinnoista. Latauslaitteistoa on esitelty tarkemmin myöhemmin tässä osiossa. Taulukossa 2 kuvattuna TMHF:n tarjoaman 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevien sähkökäyttöisten vastapainotrukkien perustiedot ja leasing-hinnat kuukausitasolla. Kuvissa 2 ja 3 nähtävissä TMHF:n tarjoamat 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevat sähkötrukit. Akkujen laskennallisen tehon määrittelyssä on otettu huomioon TMHF:n määrittelemä 20 prosentin lataushäviö. Yrityksen arvioimiin leasing-hintoihin sisältyy myös ylläpitösopimus, johon sisältyvät seuraavat korjaukset ja huollot;

- Määräaikaishuollot ja tarkastukset valmistajan ohjeiden ja käyttöolosuhteiden mukaisesti.
- Normaalista kulumisesta johtuvat korjaukset ja komponenttien vaihdot.
- Kaikkien huoltojen ja normaalista kulumisesta johtuvien korjausten työ-, varaosa-, ja matkakustannukset.

- Määräaikaishuoltojen yhteydessä havaittujen vikojen ja toimintahäiriöiden korjaukset.
- Asiakkaan ilmoittamien vikojen ja toimintahäiriöiden korjaukset.
- Työkustannukset TMHF:n normaaleina aukioloaikoina.

Taulukko 2. Toyota nostokyvyltään 3,5 tn ja 5,0 tn sähkötrukkien perustietoja

Toyota 8FBMT35 sähkö			Toyota 8FBMT50 sähkö		
Nostokyky	3,50	tn	Nostokyky	5,00	tn
Akku	80/775	V/Ah	Akku	80/930	V/Ah
Laskennallinen teho	49,60	kW	Laskennallinen teho	59,52	kW
Hinta (alv. 0%)	1 321,00	€/kk	Hinta (alv. 0%)	1 396,00	€/kk
Käyttöaste	1 800,00	h/a	Käyttöaste	1 000,00	h/a
Hinta laskutuskausi	83 760,00	€/60kk	Hinta laskutuskausi	79 260,00	€/60kk
Vaihtoakku	80/775	V/Ah	Vaihtoakku	80/775	V/Ah
Hinta per käyttötunti	8,81	€/h	Hinta per käyttötunti	16,75	€/h



Kuva 2. Toyota 8FBMT35 (Toyota Material Handling Finland Oy 2019)



Kuva 3. Toyota 8FBMT50 (Toyota Material Handling Finland Oy 2019)

4.3 Investointilaskenta

Kaikille investoinneille tyypillisimpiä piirteitä ovat pitkä ajallinen kesto, epävarmuus, laajat vaikutukset ja suuri sitoutunut pääoma. Investointiin liittyvä päätöksenteko on usein kytköksissä yrityksen strategiaan ja näin ollen investoinnit ovat usein linjassa yrityksen pitkän aikavälin strategian kanssa. Usein investointien vaikutukset ulottuvat yli viiden vuoden päähän, toisinaan jopa vuosikymmenien päähän. Useimpiin investointeihin sitoutuu yrityksellä suuri pääoma, joka voi sitoutua useisiin eri kohteisiin, kuten esimerkiksi laitteistoihin, kiinteistöihin ja informaatioteknologiaan. Sitoutuneet pääomat vapautuvat näistä kohteista sitä mukaa, kun investointi tuottaa kassavirtoja eli esimerkiksi säästöjä. Investoinnit suuntautuvat pitkälle tulevaisuuteen, joten jokaisen investoinnin kohdalla vallitsee tietty epävarmuus.

Tulevaisuuden ennustaminen tai investoinnin lopputuloksen arvioiminen on aina epävarmaa, joten investointia tehdessä on otettava huomioon sekä yrityksen ulkopuoliset epävarmuustekijät, että yrityksen mahdolliset sisäiset epävarmuustekijät. Mitä syvemmin näitä epävarmuustekijöitä analysoidaan ja arvioidaan, sitä parempia investointipäätöksiä on mahdollista tehdä. (Ikäheimo, ym 2012, 197.)

Tulevaisuuden epävarmuuden vuoksi investointien tuottamien kassavirtojen arviointi on hyvin haasteellista. Useimmissa laskelmissa usein investointi saattaa näyttäytyä ”huonommassa valossa” sen todellisille vaikutuksille, sillä epävarmuuksien vuoksi laskennallinen näkemys investoinnista saattaa olla tietyllä tapaa rajoittunut tai suppea. Laskelmissa ei huomioida investoinnin mahdollista laajempaa vaikutusta yritykseen ja esimerkiksi positiiviset vaikutukset, jotka eivät ole mitattavissa, jäävät usein näistä laskelmista pois. (Ikäheimo ym. 2012, 198.)

Tässä työssä toteutettu kannattavuuden arviointi eroaa perinteisestä investointilaskennasta sillä tutkimuksen kohdistuessa trukkien osalta asiakkaan toiveesta leasing-vuokrattuihin trukkeihin, esimerkiksi konkreettista hankintapääomaa ei tarvita perinteisellä tavalla ja myöskään mahdollista jäännösarvoa ei synny sillä kyseessä ei ole lopullinen työkoneiden osto yritykselle vaan työkoneiden vuokraus, joka sisältää myös tarvittavat huollot ja korjaukset.

Sähkötrukkien ollessa kyseessä on kuitenkin huomioitava käyttöön olennaisesti liittyvä trukkien akkujen lataaminen ja siihen liittyvät toiminnot. Trukkien ollessa leasing-välineistöä, kuitenkin latauspaikat, akunvaihtovälineistöt ja niihin liittyvät mahdolliset erilliset kiinteistöt voivat olla yrityksen omia. Perinteistä investointilaskentaa voidaan hyödyntää myöhemmässä vaiheessa siis esimerkiksi latauslaitteiston hankintaan liittyvän investoinnin kannattavuuden arvioinnissa.

Todellisuudessa trukkien lataaminen ja latausjärjestyksen ja latausjärjestelmien suunnittelu on suuri prosessi, johon käytetään paljon resursseja sekä trukkien toimittajien, että yrityksen puolesta, sillä mahdollisimman tarkan selvityksen tueksi tarvitaan esimerkiksi tarkat ajoajat, tilojen ja ajoreittien kartoitus, työntekijöiden työvuorojen ja trukkien latausaikojen huomiointi ja lataamiseen tarvittavan infrastruktuurin mahdollinen rakentaminen sähköliittymien ja kiinteistöjen osalta. (Åberg henkilökohtainen tiedonanto 11.10.2019.)

4.4 Käytönaikaisten kustannusten vertailu ja kannattavuuden arviointi

Sähkö- ja dieselkäyttöisten trukkien käyttökustannuksia vertailtiin toimittamalla Toyota Material Handling Finland Oy:n edustajalle nykyisten käytössä olevien dieselkäyttöisten trukkien ajotiedot, polttoaineen hinnat ja sähkön hinta. Yrityksen edustaja toimitti leasing- tarjouksen lisätietona myös kustannuslaskentapohjan dieselkäyttöisten ja sähkökäyttöisten trukkien käyttökustannuksien määrittämiseksi. Tarjouksen leasing-hinnat on määritelty yksittäisen trukin ilmoitetun käyttöasteen perusteella, joten esimerkiksi 3,5 tn- ja 5,0 tn nostokyvyltään olevat trukit eivät ole kuukausitasolla leasing- hinnoissa suoraan verrattavissa toisiinsa.

Taulukko 3. Sähkön hinta

Trukki 3,5 tn					
Energia myyntihinta	0,04	€/kWh		Siirto yht	754,65 €
Kulutus	25 858,14	kWh/a		Energia yht	1 096,39 €
Kulutusmaksut	0,01	€/kWh		Hinta yht	1 851,03 €
Suurjännitetehto	29 846,81	kWh		Hinta	0,0716 €/kWh
Kulutusmaksu	283,54	€			
Tehomaksu	2,32	€/kW/a		Hinta KA	0,0727 €/kWh
Laturin huipputeho	10,39	kW			
Tehomaksu yht.	289,32	€			
Sähkövero	0,01	€/kWh			
Sähkövero	181,78	€			
Trukki 5,0 tn					
Energia myyntihinta	0,04	€/kWh		Siirto yht	813,20 €
Kulutus	25 858,14	kWh/a		Energia yht	1 096,39 €
Kulutusmaksut	0,01	€/kWh		Hinta yht	1 909,58 €
Suurjännitetehto	25 858,14	kWh		Hinta	0,0738 €/kWh
Kulutusmaksu	245,65	€			
Tehomaksu	2,32	€/kW/a			
Laturin huipputeho	13,86	kW			
Tehomaksu yht.	385,76	€			
Sähkövero	0,01	€/kWh			
Sähkövero	181,78	€			

Taulukossa 3 laskettu sähkön hinta on Euroports Rauma Oy:n ilmoittaman energian myyntihinnan ja Rauman Energia Oy:n sähkön tehosiirtohinnoiston mukaan. Trukkien latureiden huipputehot on laskettu sähkön hinnan muodostamista varten Wihuri Oy

Tekninen Kauppa tarjouksessa ilmoittamiensa latureiden varaajatehojen perusteella. Sähkön hinnalle on laskettu keskiarvo 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään oleville trukeille, jota on käytetty tämän selvityksen laskennassa sähkön kokonaishintana. TMHF:n tarjouksen leasing-hinta-arvioihin sisältyvät satamakäyttöön soveltuvat sähkö- ja dieselkäyttöiset vastapainotrukit, joissa on mahdollisuus rullapihtien liittämiseen. Leasing-hintoja verrattiin tässä selvityksessä kuukausitasolla ja koko vuokra-ajan tasolla. Sähkö- ja dieseltrukkien leasing-hinnat eivät juurikaan kuukausitasolla eroa toisistaan vaan ne ovat leasing-vuokrakustannuksiltaan varsin samalla tasolla kuukausittaisten kustannusten suhteen.

Taulukossa 4 on myös laskettu jokaiselle trukille tuntikohtainen hinta vuosittaisen leasing-kustannuksen ja käyttöasteen perusteella. Sähkökäyttöiset trukit ovat tuntikohtaiselta leasing-hinnaltaan kalliimmat kuin dieselkäyttöiset vastaavat, johtuen juurikin eri suuruisista tarjouksessa Toyota Material Handling Finland Oy:n määrittelemistä käytöasteista. Käytännössä, sähkökäyttöinen trukki tekee saman vuosittaisen työn pienemmillä käyttötunneilla, sillä sähkökäyttöisen trukin kohdalla ”tyhjäkäynti”- tunteja ei synny lainkaan koska energiaa kuluu vain nosto- tai ajomoottorin käydessä.

Taulukko 4. Leasingkustannukset TMHF 3,5 tn ja 5,0 tn

Toyota Material Handling Finland	60	kk vuokra-aika		Alv. 0%
	Toyota 8FBMT35 Sähkö		Toyota 8FDJF35 Diesel	
Alv. 0%				
Kustannus 1 kk	1 321,00	€/kk	1 188,00	€/kk
Kokonaiskustannus 60 kk	79 260,00	€/60kk	71 280,00	€/60kk
Tarjouksessa käyttöaste	1 800,00	h	2 500,00	h
Kustannus/ käyttötunti	8,81	€/h	5,70	€/h
<i>Kk ero sähkö/diesel</i>	<i>7 980,00</i>	<i>€/60kk</i>	<i>-7 980,00</i>	<i>€/60kk</i>
	Toyota 8FBMT50 Sähkö		Toyota 8FD50N Diesel	
Alv. 0%				
Kustannus 1 kk	1 396,00	€/kk	1 563,00	€/kk
Kokonaiskustannus 60 kk	83 760,00	€/ 60kk	93 780,00	€/ 60kk
Tarjouksessa käyttöaste	1 000,00	h	1 500,00	h
Kustannus/ käyttötunti	16,75	€/h	12,50	€/h
<i>Kk ero sähkö/diesel</i>	<i>-10 020,00</i>	<i>€/60kk</i>	<i>10 020,00</i>	<i>€/60kk</i>

4.4.1 Toyota 3,5 tn sähkökäyttöinen vastapainotrukki

Selvityksessä verrattiin Toyota Material Handling Finland Oy:n tarjoamia 3,5 tn nostokyvyltään olevia sähkö- ja dieselvastapainotrukkeja. Kannattavuutta arvioitiin vertailemalla sekä leasing-hintoja keskenään, että käytön aikaisten käyttövoimakustannusten eroa toisiinsa. Leasing-hintoja vertaillessa suurta eroa sähkötrukin ja dieseltrukin välillä ei kuukausikohtaisissa hinnoissa ole, dieselkäyttöisen trukin leasing-hinta kuukausitasolla on hieman sähkökäyttöistä vastaavaa trukkia edullisempi. Taulukossa 5 kuvattuna 3,5 tn nostokyvyltään olevien trukkien leasing-kustannukset.

Taulukko 5. 3,5 tn nostokyvyltään olevien trukkien leasing-kustannukset

	Toyota 8FBMT35 Sähkö		Toyota 8FDJF35 Diesel	
Alv. 0%				
Kustannus 1 kk	1 321,00	€/kk	1 188,00	€/kk
Kokonaiskustannus 60 kk	79 260,00	€/60kk	71 280,00	€/60kk
Tarjouksessa käyttöaste	1 800,00	h	2 500,00	h
Kustannus/ käyttötunti	8,81	€/h	5,70	€/h
<i>Kk ero sähkö/diesel</i>	<i>7 980,00</i>	<i>€/60kk</i>	<i>-7 980,00</i>	<i>€/60kk</i>

3,5 tn sähkötrukki tulisi TMHF:n tarjoamalla leasing-hinnoilla 7980,00 euroa kalliimmaksi 60 kuukauden vuokra-ajalla kuin vastaava dieseltrukki. Laskelmat toteutettiin kertomalla yhden kuukauden kustannukset vuokra-ajan 60 kuukaudella ja niissä ei ole otettu huomioon esimerkiksi rahan aika-arvoa. Näin ollen laskelmaa voidaan käyttää lähinnä arviona leasing-hintojen verrattavuudesta pitkällä vuokra-ajalla. Kuukausikohtaisessa kustannuksessa ero ei ole suuri, mutta koko vuokra-aika huomioidessa kustannusten erot ovat tietenkin samassa suhteessa suuremmat.

Käyttövoimakustannuksia vertaillessa laskennassa on käytetty dieseltrukkien osalta Euroports Rauma Oy:n ilmoittamien hankitun dieselin keskimääräistä litrahintaa vuodelta 2018. Sähkötrukkien osalta on käytetty sähkön hintaa, joka sisältää Euroports Rauma Oy:n ilmoittaman sähköenergian hinnan ja erikseen lasketun sähkön siirron hinnan. Dieselin ja sähkön laskennassa käytetyt kokonaishinnat eivät sisällä arvonlisäveroä. Kuvassa 4 nähtävissä 3,5 tn sähkökäyttöisen trukin käyttökustannukset.

Toyota 8FBM135 (sähkö)	
BATTERY VOLTAGE	80 V
CAPACITY OF BATTERY	775 Ah
BATTERY PERFORMANCE	49,6 KW
ENERGY OF 1 CHARGING	73,99 KW/charging
COSTS OF ENERGY	0,0727 EUR/KW
COSTS OF 1 CHARGING	5,38 EUR/charging
RUNNING TIME WITH 1 CHARGE	5,9 working hours
COSTS OF 1 WORKING HOURS	0,912 EUR/WH
MAINTENANCE	0 EUR/hours
BREAK DOWN	0 EUR/hours
DAMAGES	0 EUR/hours
MAINTENANCE	- EUR
BREAK DOWN	- EUR
DAMAGES	- EUR
ENERGY	10 849 EUR
DRIVER	- EUR
PURCHASING	- EUR
10 849 EUR	

Kuva 4. 3,5 tn sähkötrukin laskennalliset käyttökustannukset (TMHF 2019)

Laskennassa on käytetty käyttöasteen arviointiin nimellisteholtaan vastaavaa Euroports Rauma Oy:n nykyisin käytössä olevan Linde H35D trukin ajotietoja, jotka on esitelty myöhemmin tässä selvityksessä osiossa 5. ”Tutkimuksen lähtötiedot ja perusteet”. Ajotunneiksi on vastaavalle trukille laskettu Euroports Rauma Oy:n välittämistä tiedoista 2380 tuntia vuonna 2018. Energian kokonaiskustannukset on laskettu seuraavalla kaavalla 1;

$$1 \text{ tunnin ajon kustannukset} \times \text{vuotuiset käyttötunnit} \times \text{vuokrajakso} \\ = \text{kokonaiskustannukset}$$

Kaava 1. Energian vuosittaiset kokonaiskustannukset

Tunnin ajon kustannukset on saatu seuraavasti kaavalla 2;

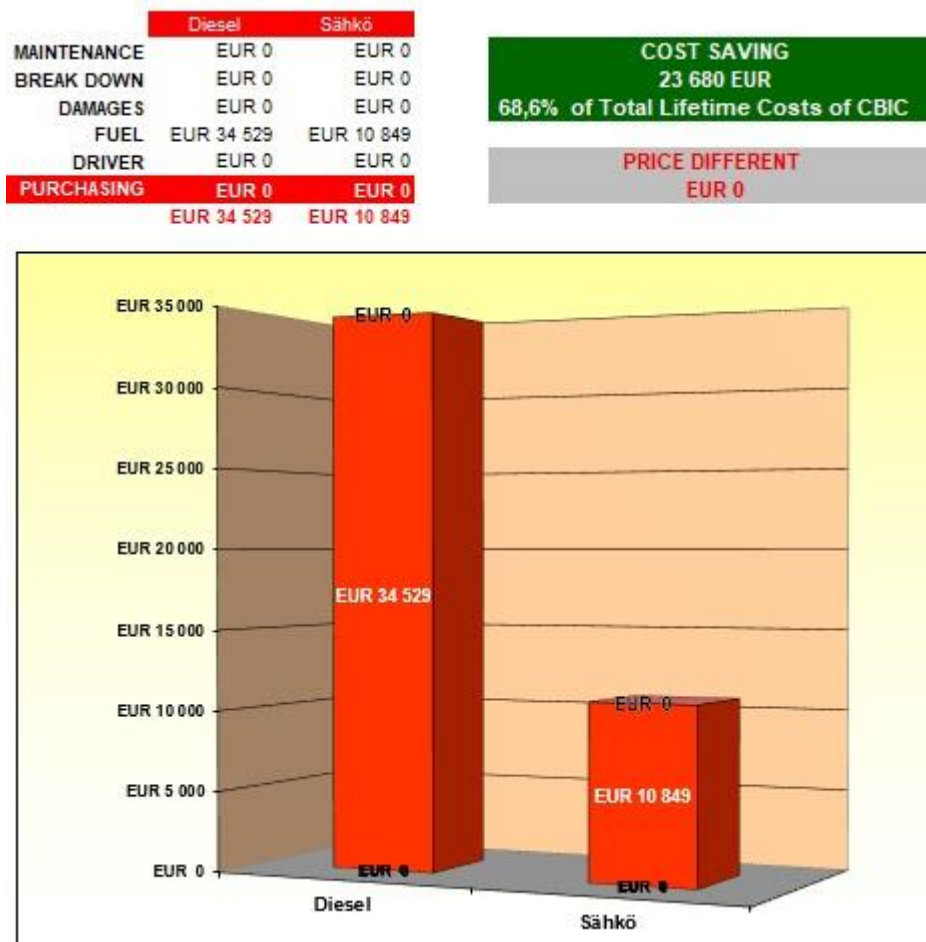
$$\frac{\text{yhden latauksen kustannukset}(\text{€})}{\text{ajoaika yhdellä latauksella} (h)} = \text{kustannukset per ajotunti} \frac{\text{€}}{h}$$

Kaava 2. Ajotuntikohtaiset kustannukset

Laskennassa vuokrajaksona on viisi vuotta eli 60 kuukautta. Arvioinnissa ei ole huomioitu muita kuluja kuin käyttökustannukset, joten esimerkiksi korjaus-, työntekijä- tai hankintakuluja ei ole huomioitu tässä laskennassa. Leasing-vuokrauksissa korjaus- ja hankintakuluja ei sinällään ole, sillä ne ovat huomioituna kuukausittaisessa leasing-vuokrassa. Dieseltrukin vastaavat kokonaiskustannukset viidelle vuodelle nähdään kuvassa 5.

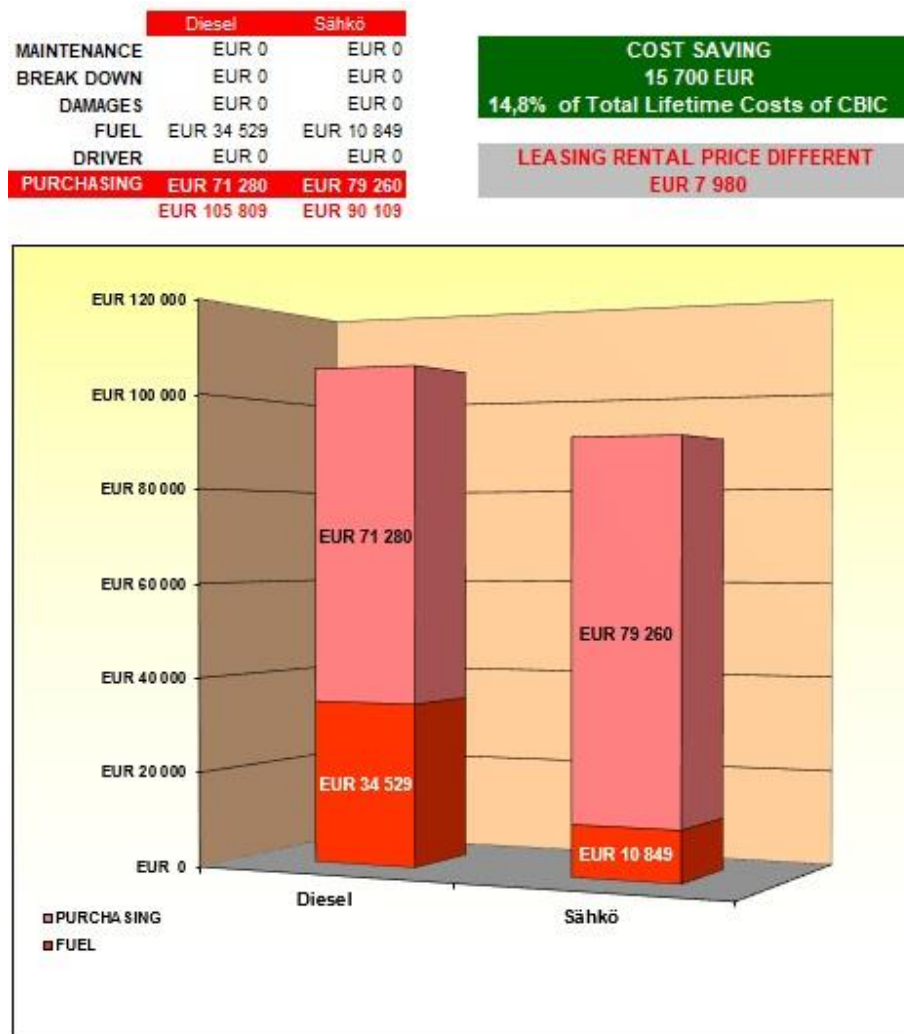
Toyota 8FDJF35 (Diesel)	
WORKING HOURS / YEARS	2380
YEARS	5
SHIFTS	2
COSTS OF 1 DRIVER	- EUR / year
FUEL CONSUMPTION	3,9 l/hours
COSTS OF LPG	0,74 EUR/l
FUEL COSTS OF 1 W.HOUR	2,9 EUR/hours
MAINTENANCE	0 EUR/hours
BREAK DOWN	0 EUR/hours
DAMAGES	0 EUR/hours
MAINTENANCE	- EUR
BREAK DOWN	- EUR
DAMAGES	- EUR
ENERGY (FUEL)	34 529 EUR
DRIVER	- EUR
PURCHASING	- EUR
	34 529 EUR

Kuva 5. 3,5 tn dieseltrukin laskennalliset käyttökustannukset (TMHF 2019)



Kuva 6. 3,5 tn dieseltrukin ja sähkötrukin käyttökustannukset (TMHF 2019)

Kuvassa 6 nähdään verrattuna sähkötrukin ja dieseltrukin käytön aikaiset käyttövoimakustannukset. 3,5 tn nostokyvyltään oleva sähkötrukki on TMHF:n laskelmien mukaan annetuilla lähtötiedoilla viiden vuoden vuokrajaksolla 23 680 euroa edullisempi käyttökustannuksiltaan kuin vastaava dieseltrukki. Kun otetaan huomioon arvioitu 60 kuukauden vuokra-ajan ero diesel- ja sähkötrukin leasing-hinnoissa saadaan yhteenlaskettuina käyttövoimakustannusten ja leasing- kustannusten arviona seuraavaa;



Kuva 7. 3,5 tn sähkö- ja dieseltrukin käyttökustannus- ja leasing-hinnat 60 kk (TMHF 2019)

Kuvasta 8 nähdään, että ottaessa huomioon sähkö- ja dieseltrukkien leasing-hinnoissa olevan eron, joka on 60 kuukauden vuokra-ajalla 7980 euroa, sähkötrukin käyttökustannukset ja leasing-hinnat jäävät vielä arviolta 15 700 euroa edullisemmaksi kuin vastaavalla dieseltrukilla.

4.4.2 Toyota 5,0 tn trukit

Selvityksessä vertailtiin TMHF:n tarjoamia 5,0 tn nostokyvyltään olevia sähkö- ja dieselvastapainotrukkeja. Kannattavuutta arvioitiin vertailemalla leasing-hintoja keskenään sekä käytön aikaisten käyttövoimakustannusten eroa toisiinsa. Kuten edellä

kuvatussa 3,5 tn nostokyvyltään olevien trukkiin vertailussa, 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkiin vertailussa leasing- hinnat eivät suuresti eronneet toisistaan. Erona 3,5 tn nostokyvyltään oleviin trukkeihin oli se, että 5,0 tn nostokyvyltään olevissa trukeissa sähkötrukin leasing-hinnat ovat dieselkäyttöistä trukkia edullisemmat kuukausihinnoiltaan. Taulukossa 6 kuvattuna 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkiin leasing-kustannukset.

Taulukko 6. 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkiin leasing- kustannukset

	Toyota 8FBMT50 Sähkö		Toyota 8FD50N Diesel	
Alv. 0%				
Kustannus 1 kk	1 396,00	€/kk	1 563,00	€/kk
Kokonaiskustannus 60 kk	83 760,00	€/ 60kk	93 780,00	€/ 60kk
Tarjouksessa käyttöaste	1 000,00	h	1 500,00	h
Kustannus/ käyttötunti	16,75	€/h	12,50	€/h
<i>Kk ero sähkö/diesel</i>	<i>-10 020,00</i>	<i>€/60kk</i>	<i>10 020,00</i>	<i>€/60kk</i>

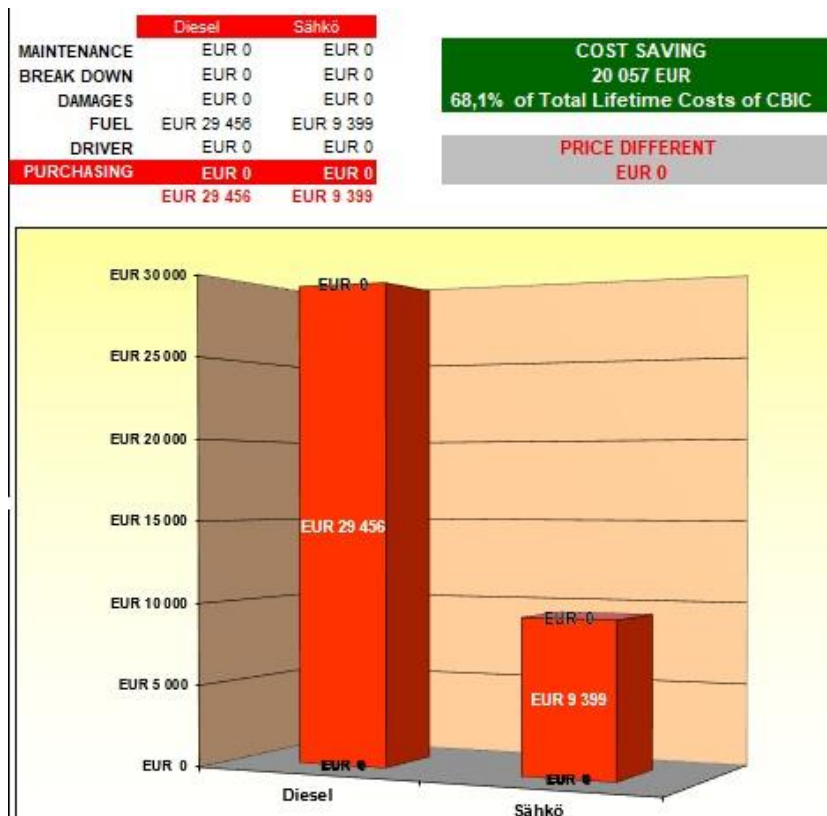
Kuten aiemman, nostokyvyltään 3,5 tn olevien trukkiin kohdalla, 60 kuukauden kustannukset on laskettu kertomalla leasing-kuukausihinta koko vuokra-ajalla. Laskelmissa ei ole otettu huomioon esimerkiksi rahan aika-arvoa, mutta laskelmaa voi käyttää karkeana arviona vuokra-ajan kokonaiskustannuksista. Näillä TMHF:n tarjoamilla leasing-hinnoilla sähkötrukki olisi 10 020 euroa edullisempi 60 kuukauden vuokraajalla kuin dieselkäyttöinen vastaava trukki. Käyttövoimakustannuksia verratessa 5,0 tn nostokyvyltään olevissa trukeissa on käytetty samoja polttoaineen ja sähkön hintatietoja, kuin edellisen osion 3,5 tn nostokyvyltään olevien trukkiin vertailussa. Kuvissa 8 ja 9 nähdään 5,0 tn nostokyvyltään olevien sähkö- ja dieselkäyttöisten trukkiin käyttökustannukset.

Toyota 8FBM150 (Sähkö)	
BATTERY VOLTAGE	80 V
CAPACITY OF BATTERY	930 Ah
BATTERY PERFORMANCE	59,52 KW
ENERGY OF 1 CHARGING	88,79 KW/charging
COSTS OF ENERGY	0,0727 EUR/KW
COSTS OF 1 CHARGING	6,45 EUR/charging
RUNNING TIME WITH 1 CHARGE	5,13 working hours
COSTS OF 1 WORKING HOURS	1,258 EUR/WH
MAINTENANCE	0 EUR/hours
BREAK DOWN	0 EUR/hours
DAMAGES	0 EUR/hours
MAINTENANCE	- EUR
BREAK DOWN	- EUR
DAMAGES	- EUR
ENERGY	9 399 EUR
DRIVER	- EUR
PURCHASING	- EUR
9 399 EUR	

Kuva 8. 5,0 tn sähkötrukin laskennalliset käyttökustannukset (TMHF 2019)

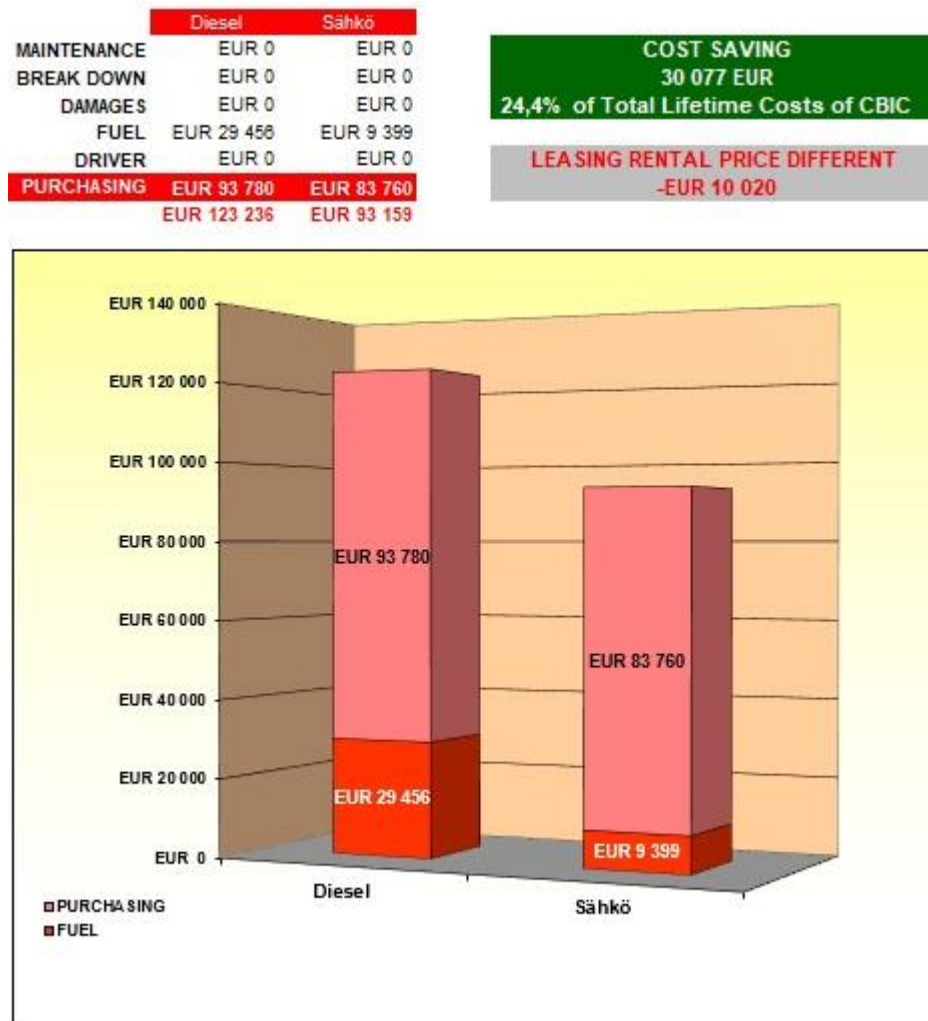
Toyota 8FD50N (Diesel)	
WORKING HOURS / YEARS	1494
YEARS	5
SHIFTS	2
COSTS OF 1 DRIVER	- EUR / year
FUEL CONSUPTION	5,3 l/hours
COSTS OF LPG	0,74 EUR/l
FUEL COSTS OF 1 W.HOUR	3,9 EUR/hours
MAINTENANCE	0 EUR/hours
BREAK DOWN	0 EUR/hours
DAMAGES	0 EUR/hours
MAINTENANCE	- EUR
BREAK DOWN	- EUR
DAMAGES	- EUR
ENERGY (FUEL)	29 456 EUR
DRIVER	- EUR
PURCHASING	- EUR
29 456 EUR	

Kuva 9. Vastaavan 5,0 tn dieseltrukin käyttökustannukset (TMHF 2019)



Kuva 10. 5,0 tn dieseltrukin ja sähkötrukin käyttökustannukset (TMHF 2019)

Kuvassa 10 nähdään verrattuna sähkötrukin ja dieseltrukin käytön aikaiset käyttövoimakustannukset. 5,0 tn nostokyvyltään oleva sähkötrukki on TMHF:n laskentapohjan mukaan, näillä lähtötiedoilla viiden vuoden vuokrajaksolla 20 057 euroa edullisempi käyttökustannuksiltaan kuin vastaava dieseltrukki. Kun otetaan huomioon arvioitu 60 kuukauden vuokra-ajan ero diesel- ja sähkötrukin leasing-hinnoissa saadaan yhteenlaskettuina käyttövoimakustannusten ja leasing- kustannusten arviona seuraavaa;



Kuva 11. 5,0 tn sähkö- ja dieseltrukin käyttökustannukset ja leasing-hinnat 60kk (TMHF 2019)

Kuvasta 11 nähdään, että ottaessa huomioon sähkö- ja dieseltrukkien leasing-hinnoissa olevan eron, joka on 60 kuukauden vuokra-ajalla 10 020 euroa, sähkötrukin käyttökustannukset ja leasing-hinnat jäävät arviolta 30 077 euroa edullisemmaksi kuin vastaavalla dieseltrukilla.

4.4.3 Latauslaitteisto

Sähkökäyttöisten vastapainotrukkien latauslaitteisto ja lataamiseen sopivat sähköliittymät ja erilliset tilat ovat olennainen osa suunnitellussa trukkikaluston mahdollista sähköistämistä. Aihepiiri on kuitenkin varsin laaja ja sen vuoksi tässä selvityksessä

käsitellään latauslaitteiston ja tarvittavien sähköliittymien ja kiinteistöjen osuutta niin laajasti kuin on mahdollista ilman yksityiskohtaisempia selvityksiä esimerkiksi trukkitoimittajien kanssa.

Trukkien lataaminen, latausjärjestyksen ja latausjärjestelmien suunnitteleminen on vaativa prosessi, johon käytetään paljon resursseja sekä trukkien toimittajien, että yrityksen puolesta, sillä mahdollisimman tarkan selvityksen tueksi tarvitaan esimerkiksi tarkat ajoajat, tilojen ja ajoreittien kartoitus, työntekijöiden työvuorojen ja trukkien latausaikojen huomiointi ja lataamiseen tarvittavan infrastruktuurin mahdollinen rakentaminen sähköliittymien ja kiinteistöjen osalta. (Åberg henkilökohtainen tiedonanto 11.10.2019.)

Trukkien akkujen latausjärjestelmää suunnitellessa on hyvä osoittaa trukkien lataukselle oma erillinen, hyvin tuuletettu tilansa, sillä trukkien latauksesta voi syntyä räjähdysriskiä kaasuja. Trukkien akut tulee myös vesittää säännöllisin väliajoin, jolloin vesitysvälineistön olisi hyvä sijaita lähellä trukkien latauspisteitä. Akkujen säännöllinen lataus ja vesitys pidentävät akun käyttöikää ja akkujen latauksesta tulisi huolehtia järjestelmällisesti, ettei akun syväpurkautumista pääse tapahtumaan. (Suomen Akut www-sivut 2019.)

Trukkien akkujen lataamiseen tarvitaan myös normaalia suurempi tehoinen sähköliittymä, jolloin liittymän rakentamiskustannukset ja mahdollisen latauskiinteistön rakentamiskustannukset tulee ottaa huomioon arvioidessa trukkikaluston sähköistämisen kokonaiskustannuksia. Karkeana arviona molemmille halleille, 18 ja 20, sähköliittymän kokonaisliittymismaksusta ja lataukseen soveltuvan kiinteistön kokonaisrakentamiskustannuksista voidaan pitää noin 100 000 euroa. (Ylinen henkilökohtainen tiedonanto 27.10.2019.)

Taulukko 7. Latauskokonaisuuden arvioituja kuluja varastohalleihin 18 ja 20

Toyota 8FBMT35 Sähkö Hallit 18 ja 20 (alv. 0%)		Toyota 8FBMT50 Sähkö Hallit 18 ja 20 (alv. 0%)	
Latausvaunu	19 500,00 €	Latausvaunu	19 500,00 €
Akkupöytä	1 300,00 €	Akkupöytä	2 950,00 €
Akkupöydät 3 kpl	3 900,00 €	Akkupöydät 3 kpl	8 850,00 €
Latauslaitteisto yht.	23 400,00 €	Latauslaitteisto yht.	28 350,00 €
Latauslaitteistot 3,5 tn ja 5,0 tn yhteensä	51 750,00 €		
Hallit 18 ja 20, sähköliittymä+kiinteistö	100 000,00 €		
Kustannukset yht.	151 750,00 €		
Kustannukset per trukki	37 937,50 €		

Kuten mainittu, todellisia kustannuksia ja latausjärjestelmien laajuutta on vaikea arvioida ilman tarkempaa selvitystä yhteistyössä trukkitoimittajan ja trukkien tilaajan kanssa, mutta tätä selvitystä varten on saatu Toyota Material Handling Finland Oy:ltä suuntaa antava arvio latausjärjestelmien hinnoista.

Taulukossa 7. on laskettu kustannukset kahdelle 3,5 tn- ja kahdelle 5,0 tn nostokyvyllään olevalle trukille latauslaitteistoista. Ajatuksena on, että molemmissa varastohalleissa on molempia trukkeja yksi kappale, näin ollen yhteensä neljä trukkia. Trukkien akkujen lataamiseksi ja akkujen vaihtamiseksi Toyota Material Handling Finland Oy on suositellut akkupöytiä, joissa akun lataus suoritetaan ja erillistä latausvaunua, jolla akkujen vaihto suoritetaan. Molemmille trukeille on kokoluokkaan sopivat akkupöydät ja latausvaunut. Akkupöytiä on yksi jokaista akkua kohden, sekä yksi ylimääräinen, johon vaihdettava akku nostetaan trukista vaihdon yhteydessä. Akkupöydät toimivat akkujen latausalustoina. Latausvaunu on erillinen nostoapuväline, jolla trukin akun vaihto suoritetaan. (Åberg henkilökohtainen tiedonanto 11.10.2019.)

Akkujen vaihtamiseksi on olemassa myös vaihtoehtoisia tapoja, esimerkiksi akkujen vaihto toisella trukilla, sähkötrukin ollessa tähän sopiva malliltaan. Akunvaihto- ja latausjärjestelmien kannalta tärkeää on eritoten vaihdon ja lataamisen sujuvuus sekä käyttäjäturvallisuus ja työturvallisuus. Taulukossa 7. on esitetty suuntaa antavia arvioita latausjärjestelmien mahdollisista hinnoista tämän selvityksen tueksi, tarkempi selvitys lataamisen tarvitsemasta infrasta ja latauslaitteistojen tarkemmista tiedoista on tekeillä samaan aikaan toisen Satakunnan Ammattikorkeakoulun opiskelijan

opinnäytetyönä. Työn on suunniteltu valmistuvan tämän selvityksen jälkeen, joten Euroports Rauma Oy saa tarkemmat täydentävät tiedot latausjärjestelmästä toisen opinnäytetyön muodossa ja näin ollen tämä selvitys on rajattu koskemaan itse trukkien osuutta kokonaisuudesta.

Sataman alueelle paperirullia toimittavia junia ja rekkoja saapuu useita päivässä, sillä läheisen paperitehtaan tuotteet tuodaan suoraan tehtaalta sataman tiloihin ilman väli-varastointia. Paperirullia lähtee satamasta maailmalle sekä irtotavarana, että pakattuna merikontteihin, halleissa 18 ja 20 käsitellään pääsääntöisesti vain merikontteihin las-tattavia paperirullia. Halleihin saapuvista junista ja rekoista puretaan asiakkaan toimit-tamat paperirullat ja ne siirretään edelleen välivarastoinnin kautta merikontteihin. Koko toimintaa ohjaa toiminnanohjausjärjestelmä, jonka perusteella trukkien kuljetta-jat tietävät, mitä tuoterullia milloinkin käsitellään. (Vieno henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2019.)

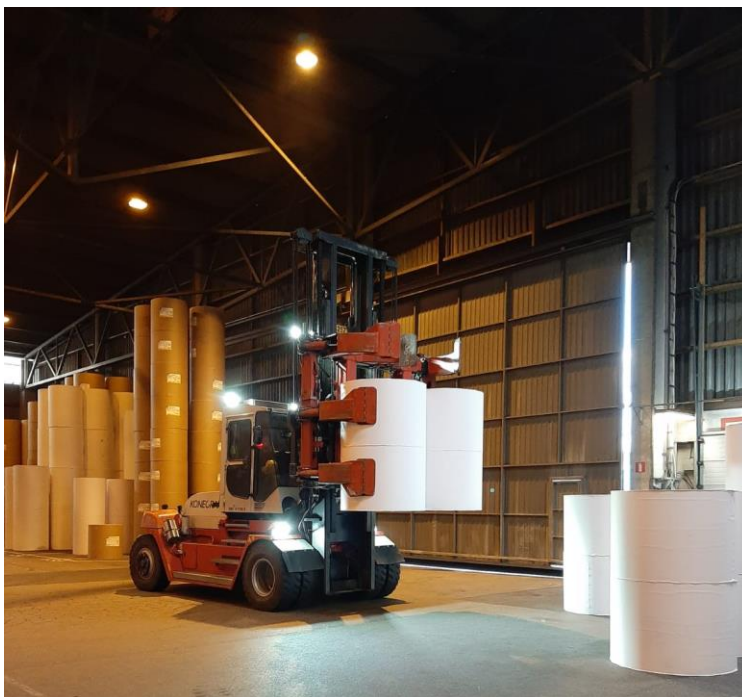
Tutkimuksen kohteena olevissa varastoissa 18 ja 20 nostokyvyltään 3,5 tn ja 16,0 tn olevat trukit toimivat vuorokauden ympäri, kolmessa 8 tunnin vuorossa. Nostokyvyl-tään 5,0 tn oleva trukki, joka purkaa paperirullia rekasta ja junasta, toimii kahdessa 8 tunnin vuorossa junien ja rekkojen saapumisten mukaan. (Kuparinen henkilökohtai-nen tiedonanto 1.10.2019.)



Kuva 12. Junalaiturin sisäänkäynti ja rekkojen purkupaikka.



Kuva 13. 5,0 tn nostokyvyltään oleva trukki purkaa junavaunua.



Kuva 14. Nostokyvyltään 16,0 tn oleva trukki tuo paperirullia kontitusasemalle



Kuva 15. Nostokyvyltään 3,5 tn oleva trukki lastaa merikonttia.



Kuva 16. Kontituspiste ulkopuolelta.



Kuva 17. Vasemmalta oikealle; 5,0 tn, 3,5 tn ja 16,0 tn nostokyvyltään olevat trukit varastohallissa

5.2 Trukit

Trukkien ajomääriä selvittäessä on hyödynnetty yrityksen omaa dataa trukkien ajotunneista. Yritykseltä on saatu tutkimuksessa käytettäväksi samalla myös trukkien kulutus- ja huoltokustannustietoja. Jokaiselle trukille on määritelty oma tunnisteensa ja trukkien ajo- ja kulutustiedot voidaan yksilöidä trukkoittain.

Tämä tutkimus keskittyy kahteen hallivarastoon, numeroinniltaan 18 ja 20, joten alkuperäisen suunnitelman mukaan tutkimus oli tarkoitus keskittää vain näissä varastoissa toimiviin trukkeihin ja niiden ajomääriin. Tutkimusta tehdessä todettiin kuitenkin, että kyseisissä tiloissa käytetään eri trukkeja vaihdellen ja esimerkiksi huoltojen yhteydessä käytetään aina ”varatrukkeja” toisen tilalla, joten voidaan todeta, ettei tiettyihin tiloihin ole erikseen määritelty niissä käytettäviä trukkeja ja näiden tiloissa käytettyjen trukkien määrittäminen olisi ollut tämän tutkimuksen puitteissa hankalaa. Tiloissa käytettyjä trukkeja olisi näin ollen tullut valvoa esimerkiksi vuoden ajan ajomäärien kohdistamiseksi juuri oikeisiin trukkeihin, joten tutkimuksessa päädyttiin käyttämään lopulta toisia keinoja ajomäärien määrittämiseen.

Yhdessä työn tilaajan kanssa tehtiin päätös käyttää käytettävissä olevia samankaltaisten trukkien ajomääriä ja kulutustietoja, ilman että kohdistetaan kulutustietoja tai ajomääriä mihinkään tiettyyn trukkiin. Yritykseltä saadusta käyttödatasta valikoitui vertailutrukeiksi samantyyppiset olemassa olevat trukit, joilla katsottiin olevan eniten ajotunteja, eli ne ovat todennäköisesti päivittäisessä käytössä ja vähiten käyttövuosia takana. Nämä trukit on esitelty tarkemmin seuraavissa osioissa.

Ajotuntien määrästä voidaan suoraan päätellä vertailutrukin käyttöastetta ja trukkien iän ollessa tiedossa voidaan paremmin ottaa vertailussa huomioon uudemmat trukit ja niiden käytöstä aiheutuneet huoltokustannukset. Näin pyritään saamaan mahdollisimman todellisilla ajomäärillä ja uusiin dieselkäyttöisiin trukkeihin vertaamalla todennukainen kuva siitä, mitä kaluston sähköisen kaluston hankkiminen leasing- sopimuksella tulisi kustannuksellisesti tarkoittamaan, minkälaisia mahdollisia säästöjä yritykselle voi syntyä valitessa sähkötrukki dieseltrukin sijaan ja mitkä vaihdon ympäristöhyödyt yritykselle ovat.

Seuraavissa osioissa on esitelty verrokkitrukkeja ja niiden kulutus- ja huoltotietoja. Valitut trukit ovat olleet käytössä maksimissaan neljä vuotta vuoden 2018 alussa. Tutkimuksessa on otettu huomioon vain vuoden 2018 käyttötiedot, sillä vuoden 2019 koko kulutustietoja ei ole saatavilla ennen tutkimuksen valmistumista. Verratessa verrokkitrukkeja keskenään, voidaan hyvänä tarkastelukohteenä pitää myös kunkin trukin ajotuntikohtaisia kustannuksia. Jokaisen trukin koko vuoden polttoaine- ja huoltokustannukset on jaettu kunkin trukin vuoden aikana kertyneillä ajotunneilla.

5.2.1 Linde H50

Yhtenä vertailutrukkina tarkasteltiin nykyistä Linde H50- mallista trukkia, jolla on takana neljä käyttövuotta vuoden 2018 alkuun mennessä. Vastaavanlainen tänä vuonna yritykseen hankittu dieselkäyttöinen trukki on nimellisteholtaan 85 kilowattia ja sen nostokapasiteetti on maksimissaan 5,0 tn (Viinikkala henkilökohtainen tiedonanto 7.8.2019). Taulukossa 8 on esitelty Linde H50 mallin trukin vuoden 2018 ajomäärät,

polttoainekulutukset, huoltokustannukset ja trukin ikä yrityksen toimittamasta käyttödatasta.

Taulukko 8. Linde H50 tietoja

Trukki Linde H50				
Tunnus; 1005			Käyttövuosia (2018 alku)	4
Kone	Ajotunnit h/kk	ajotunnit tot	Huoltokustannukset €/kk	Polttoainekulutus l/kk
Tammikuu	170	6371	719,86	549
Helmikuu	171	6542	0	547
Maaliskuu	175	6717	194,23	558
Huhtikuu	102	6819	0	325,49
Toukokuu	135	6954	611,51	434
Kesäkuu	85	7039	0	272
Heinäkuu	98	7137	0	309
Elokuu	213	7350	36,66	683
Syyskuu	94	7444	779,06	299
Lokakuu	152	7596	826,97	496
Marraskuu	60	7655	262,26	196
Joulukuu	39	7695	159,8	126
Yhteensä;	1494			

Taulukossa 9 nähdään Linde H50- trukin kustannukset vuodelta 2018. Kustannukset on laskettu yrityksen toimittaman käyttödatan perusteella ja polttoainekustannukset on laskettu yrityksen toimittaman polttoainedatan perusteella.

Taulukko 9. Linde H50 trukin kustannuksia

Polttoainekulutus	Polttoainekustannus	Huoltokustannukset	Kustannukset tot	Kustannus/- ajotunti
l/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€	€
4794,49	3568,73	3590,35	7159,08	4,79

5.2.2 Linde H35D

Yhtenä vertailutrunkina tarkasteltiin Linde H35D -mallista nykyistä trukkia, jolla on takana 3 käyttövuotta vuoden 2018 alussa. Vastaavanlainen tänä vuonna yritykseen hankittu trukki on nimellisteholtaan 44 kilowattia ja sen nostokapasiteetti on

maksimissaan 3,5 tn (Viinikkala henkilökohtainen tiedonanto 7.8.2019). Taulukossa 10 on esitelty Linde H35D mallin trukin vuoden 2018 ajomäärät, polttoainekulutukset, huoltokustannukset ja trukin ikä yrityksen toimittamasta käyttödatasta.

Taulukko 10. Linde H35D tietoja

Trukki Linde H35 D				
Tunnus;	710		Käyttövuosia (2018 alku)	3
Kone	Ajotunnit h/kk	ajotunnit tot	Huoltokustannukset €/kk	Polttoainekulutus l/kk
Tammikuu	328	1490	657,46	718
Helmikuu	327	1817	177,37	715
Maaliskuu	169	1986	540,93	376
Huhtikuu	324	2311	246,93	713,12
Toukokuu	53	2364	0	116
Kesäkuu	0	2364	0	0
Heinäkuu	159	2523	1302,44	348
Elokuu	346	2869	56,4	756
Syyskuu	291	3160	101,05	635
Lokakuu	311	3470,6	127,84	682
Marraskuu	49	3519,6	1107,32	111
Joulukuu	23	3542,6	0	50
Yhteensä	2380			

Taulukossa 11 nähdään Linde H35D- trukin kustannukset vuodelta 2018. Kustannukset on laskettu yrityksen toimittaman käyttödatan perusteella ja polttoainekustannukset on laskettu yrityksen toimittaman polttoainedatan perusteella.

Taulukko 11. Linde H35D trukin kustannuksia.

Polttoainekulutus	Polttoainekustannus	Huoltokustannukset	Kustannukset tot	Kustannus /-ajotunti
l/vuosi	€/vuosi	€/vuosi	€	€
5220,12	3885,55	4317,74	8203,29	3,45

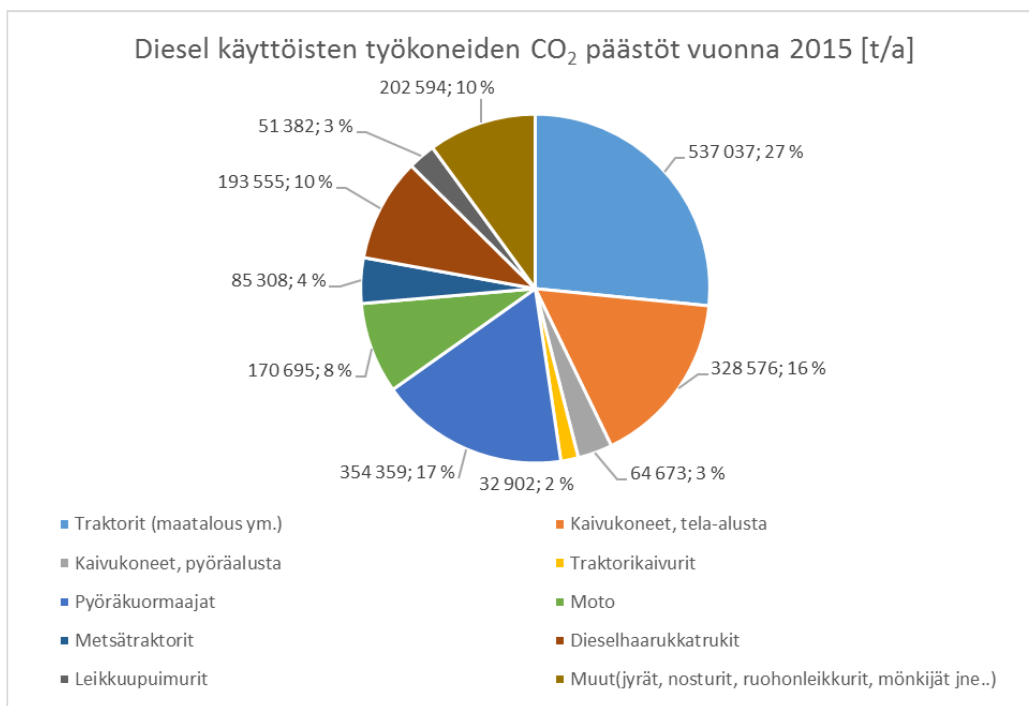
5.3 Perusteita tutkimukselle

Suomessa on arviolta noin 2,5 miljoonaa työkoneita ja niistä 0,5 miljoonaa käyttää polttoaineena moottoripolttoöljyä tai dieseliä. Merkittävin osa työkoneiden päästöistä syntyy koneen käytön aikana ja arviolta 90 prosenttia työkoneiden kokonaispäästöistä aiheutuu moottoripolttoöljyn käytöstä. Ympäristöministeriö ja Teknisen Kaupan Liitto solmivat lokakuussa 2019 työkonealan green deal- sopimuksen, joka kannustaa alan toimijoita etsimään keinoja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Sopimus on vapaaehtoinen ja se koskee koko työkonealaa. Sopimuksen alkuvaiheessa huomio painottuu eritoten vastapainotrukkeihin, nostimiin ja pyöräkuormaajiin, joiden päästöjen arvioidaan olevan noin neljäsosa koko työkonealan päästöistä. Yritykset voivat liittyä sopimukseen omasta halustaan ja määrittää sitoumuksessaan omat toimensa, joilla pyrkivät päästöjen vähentämiseen. (Ympäristöministeriö www-sivut 2019.)

Tällä hetkellä Suomessa ei vielä säännellä työkoneiden hiilidioksidipäästöjä lainsäädännöllä, mutta mahdollisesti tulevaisuudessa, hiilineutraalia Suomea kohti edetessä, joitain säännöksiä myös työkoneille voi olla tulossa. Seuraavassa osiossa on käyty pääpiirteittäin Suomen Energia- ja ilmastostrategian linjauksia työkoneiden päästöjen suhteen, sekä mahdollisia työkoneiden hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuuksia. Tämä tutkimus toteutetaan osana Satamari- hanketta, joten tutkimuksessa on olennaista perehtyä vaihdon kannattavuuden arvioinnin lisäksi myös vaihdon ympäristöhyötyihin.

5.3.1 Työkoneiden CO₂- päästölainsäädäntö nyt ja tulevaisuudessa

Vuonna 2015 diesel- käyttöisten haarukkatrukkien hiilidioksidipäästöt eli CO₂- päästöt, olivat koko Suomen tasolla 193 555 tonnia vuoden aikana, määrä vastaa noin kymmentä prosenttia koko Suomen diesel- käyttöisten työkoneiden hiilidioksidipäästöistä. (Nylund, Söderena, Rahkola, 2016, 9.)



Kuva 18. Työkoneiden CO₂- päästöt vuonna 2015 (Nylund ym. 2016)

2015 keväällä Suomessa voimaan tullut ilmastolaki asettaa pitkän aikavälin kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteeksi vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 vuoden tasosta, vuoteen 2050 mennessä. Pitkän aikavälin tavoite koskee kaikkia kasvihuonepäästöjä, mutta keskipitkän aikavälin tavoite koskee lähinnä EU:n päästökaupan ulkopuolelle jääviä sektoreita, joihin muun muassa työkoneet ja liikenne kuuluvat. Keskipitkän aikavälin päästökehityksiä tullaan seuraamaan vuoteen 2030 saakka. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 11.)

Työkoneiden kannalta merkittävin linjaus Energia- ja Ilmastostrategiassa on keskipitkän aikavälin toteutuksessa oleva linjaus, jonka tavoitteena on ottaa käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite työkoneissa käytettävään kevyeen polttoöljyyn.

Työkoneiden päästöt ovat pysyneet verrattain samalla tasolla viime vuosina. Työkoneisiin kohdistuva EU- säätely koskee tällä hetkellä lähinnä perinteisiä ilmansaasteita mutta ei esimerkiksi energiatehokkuutta tai hiilidioksidipäästöjä. EU- säätelyn laajentaminen tulevaisuudessa koskemaan myös työkoneiden energiatehokkuutta ja hiilidioksidipäästöjä mahdollistaisi työkonekannan uusiutumisen yhteydessä alenevan päästötason ja EU:n työkonesektorilla toimivien valmistajien kehitystyön. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 53.)

Näin ollen suurta painostusta ei ole vielä toistaiseksi lainsäädännön kannalta työko-
neiden hiilidioksidipäästöjen radikaalille vähentämiseksi tai esimerkiksi kaluston säh-
köistämiseksi. Liikkuvien työko-
neiden muita päästöjä säädel-
lään Stage-
luokituksella,
jossa säänneltyihin päästöihin kuuluvat häkä, typenoksidit, pienhiukkaset ja hiilivedyt
ja viimeisimmissä luokitusversioissa myös ammoniakkipäästöt. Nykyinen luokitus
Stage IV tuli voimaan vuonna 2014 ja se koskee työko-
neita, joiden moottoriteho on
56-130 kW. (Motiva www-sivut 2018.)

Taulukko 12. Stage IV; n mukaiset päästörajat (Dieselnet www-sivut 2019)

Table 3
Stage IV emission standards for nonroad diesel engines

Cat.	Net Power	Date	CO	HC	NOx	PM
	kW					
g/kWh						
Q	130 ≤ P ≤ 560	2014.01	3.5	0.19	0.4	0.025
R	56 ≤ P < 130	2014.10	5.0	0.19	0.4	0.025

Vuosina 2019 ja 2020 asteittain käyttöönotettavassa Stage V lainsäädännössä uutena
sääntelynä tulee hiukkaslukumäärä yhdeksi päästökomponeentista. Käytännössä tämä
tarkoittaa sitä, että moottorivalmistajien tulee käyttää 90 kW -560 kW moottoreissa
hiukkassuodattimia. (Nylund ym. 2016, 12-13.)

Taulukko 13. Stage V; n mukaiset päästörajat (Dieselnet www-sivut 2019)

Table 4
Stage V emission standards for nonroad engines (NRE)

Category	Ign.	Net Power	Date	CO	HC	NOx	PM	PN
		kW						
g/kWh								
NRE-v/c-1	CI	P < 8	2019	8.00	7.50 ^{a,c}		0.40 ^b	-
NRE-v/c-2	CI	8 ≤ P < 19	2019	6.60	7.50 ^{a,c}		0.40	-
NRE-v/c-3	CI	19 ≤ P < 37	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-4	CI	37 ≤ P < 56	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-5	All	56 ≤ P < 130	2020	5.00	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-6	All	130 ≤ P ≤ 560	2019	3.50	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-7	All	P > 560	2019	3.50	0.19 ^d	3.50	0.045	-

Työko-
neiden hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuuksista on olemassa tutki-
mus vuodelta 2016, jonka on toteuttanut VTT, Valtion teknillinen tutkimuskeskus,
osana Suomen vuoden 2030 energia- ja ilmastostrategian valmisteluja.
Tutkimuksessa hiilidioksidipäästöjen vähentämisen vaihtoehdot ja energiatehokkuu-
den parantamiskeinot jaetaan karkeasti neljään osaan;

1. Energiatehokkuuden parantaminen moottoritasolla
 - CO₂- emissiovähennyspotentiaali noin 15 prosenttia
2. Vähähiiliset polttoaineet
 - CO₂- emissiovähennyspotentiaali noin 0-90 prosenttia, riippuen korvaussuhteesta ja käytetyn biopolttoaineen ominaisuuksista
3. Energiatehokkuuden parantaminen ajoneuvotasolla
 - Esimerkiksi työlaitteiden kehittäminen, työkoneiden hybridisointi, voimansiirron kehittäminen, CO₂- emissiovähennyspotentiaali jopa 50 prosenttia.
4. Työkoneen käytön tehostaminen
 - Käyttötapojen ja operoinnin tehostaminen, automatisointi. CO₂- emissiovähennyspotentiaali jopa 35 prosenttia.

Tutkimuksessa eritellään eri keinoja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen ja todetaan lupaavimman säästöpotentiaalin olevan koneiden käytön tehostamisessa esimerkiksi kuljettajan työskentelyä tukevien älykkäiden järjestelmien avulla. (Nylund ym. 2016, 14-18.)

Työkoneiden sähköistämisestä ei juuri löydy tehtyjä tutkimuksia aiheen ollessa verrattain uusi, mutta päästöjen suhteen erilaisia vähennysvaihtoehtoja pohtiessa voidaan katsoa osittain suuntaa sähköautojen näkökulmasta. Tämän hetken teknologioista ainoa, jolla tieliikenteen käytönaikaisia paikallisia päästöjä ja energiankulutusta voi vähentää merkittävästi ovat sähköautot. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 60.)

Työkoneiden sähköistyminen on kuitenkin tulevaisuudessa varmasti esillä entistä enemmän, sillä ensimmäiset työkoneiden sähköistysinvestoinnit onkin jo toteutettu Suomessa, kun Toyota Material Handling Oy toimitti syksyllä 2018 Valmet Automotive Oy:lle sähkötrukkeja sisälogistiikan käyttöön. (Toyota Material Handling www-sivut 2019.)

Suomen sähköntuotannon hiilidioksidimainaispäästöt ovat myös jo hyvin matalat ja ne alenevat entisestään päästökaupan ohjaamana (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 60). Esimerkiksi Rauman Energia Oy ilmoittaa vuoden 2018 vuosikertomuksessaan

yhtiön sähkön tuotannon hiilidioksidi- ominaispäästöjen olevan 87 g/kWh. Rauman Energian sähköntuotannosta sertifioidun vihreän sähkön osuus on 83 prosenttia ja Rauman Energia tuottaa 39 prosenttia Rauman Energian sähköverkkoalueen kulutuksesta (Rauman Energian vuosikertomus, 2018). Tässä tutkimuksessa on tarkemmin tutkittu sähköisten työkoneiden lataukseen kuluvan sähkön CO₂- päästöjä verrattuna aiempiin dieselkoneiden päästöihin tutkimuksen seuraavassa osiossa; ”Vaihdon ympäristöhyödyt”.

6 VAIHDON YMPÄRISTÖHYÖDYT

Vaihtaessa polttomoottorikäyttöiset työkonet sähköisiin, huomattavimpia eroja ovat paikallisten päästöjen väheneminen ja mahdollinen ajotuntuman muuttuminen koneen käyttäjällä. Sähkökäyttöisissä työkoneissa ympäristövaikutuksia syntyy lähinnä tarvittavan sähköenergian tuotannosta, työkonen valmistuksesta ja akuston valmistuksesta ja akkumateriaalien louhinnasta. Käytön aikaisia päästöjä sähkömoottorilla toimivasta työkoneesta ei kuitenkaan synny. Työkonen tultua käyttöikänsä päähän, on sen komponenttien kierrättäminen ja hävittäminen myös hankala kysymys ympäristövaikutusten näkökulmasta. (Sjöström, 2018.)

Tässä tutkimuksessa on päädytty uusien sähkötrukkien puitteissa tarkastelemaan nimenomaan leasing-sopimusratkaisuja koneille, sillä yhä enenevässä määrin esimerkiksi leasing- ja muut kiertotalouden malleja mukailevat ratkaisut ovat tulevaisuuden vaihtoehtoja ja ne takaavat koneen käyttäjille huolettoman käyttökokemuksen ja varmistavat käytöstä poistuvien koneiden osien asianmukaisen kierrättämisen.

Tässä osuudessa on tarkasteltu perinteisestä polttomoottorista aiheutuvia käytön aikaisia päästöjä verrattuna sähkömoottorin käytön aikaisiin päästöihin. Osiossa on myös tarkasteltu sähkökäyttöisten työkoneiden vaatiman sähköenergian tuottamisen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä ja niiden suhdetta polttomoottorin käytönaikaisiin päästöihin.

6.1 Polttomoottorin aiheuttamat paikalliset päästöt

Tyypillisen bensiinimoottorin paikalliset päästöt koostuvat hiilidioksidista (CO₂), hiilimonoksidista (häkä) (CO), osittain palaneista tai palamattomista hiilivedyistä (HC), typen oksideista (NO_x) ja hiukkasista (PM). Pakokaasujen puhdistamiseksi bensiinimoottoreissa käytettävä katalysaattori saa ympäristölle haitallisten pakokaasujen ja ulkoilman kesken syntymään reaktion, joka muuntaa pakokaasut ympäristölle vähemmän haitallisiksi. Katalysaattorin toiminta perustuu sen sisältämiin kennoihin, joissa jalometallit toimivat pakokaasujen pelkistys- ja hapetusreaktioiden nopeuttajina pakokaasun virratessa katalysaattorin kennostojen läpi. (Motiva www-sivut 2019.)

Dieselmootoreiden suurimpina ilmaa pilaavina päästöinä ovat niin ikään typen oksidit ja hiukkaspäästöt. Typen oksideja vähennetään dieselmootoreissa pakokaasujen kierätysjärjestelmällä, jossa osa pakokaasuista kierrätetään takaisin moottoriin. Tämä laskee hapen osuutta polttotilassa, alentaa palamislämpötilaa ja näin ollen vähentää typen oksidien syntymistä. Joissain dieselmootoreissa on myös pakokaasujen lisäaineellinen puhdistusjärjestelmä. Selektiivisessä puhdistusmenetelmässä (SCR) käytetään esimerkiksi AdBlue- tuotemerkillä myytävää lisäainetta, joka koostuu ureasta ja vedestä. Lisäaine suihkutetaan pakokaasujen joukkoon, jolloin se hajoaa ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi. Syntynyt ammoniakki reagoi typen oksidien kanssa katalysaattorissa ja typen oksidit pelkistyvät typpikaasuksi ja vesihöyryksi. Joissain dieselmootoreissa on myös käytössä erilaisia hiukkassuodattimia, joiden avulla pyritään vähentämään pakokaasujen mukana ympäristöön pääseviä pienhiukkasia. (Motiva www-sivut 2019.)

Nykyisissä dieselkäyttöisissä trukeissa, joita on tässä tutkimuksessa käytetty verrokina tutkittaville sähkötrukeille, on moottorin nimellisteholtaan erikokoisia koneita, joten niiden päästöt ja niiden vähennysjärjestelmät vaihtelevat koneittain. Tarkastellessa esimerkiksi yritykselle kesällä 2019 toimitettuja Linden dieselkäyttöisiä trukkeja, joiden moottoreiden nimellistehot ovat 44 kilowattia ja 85 kilowattia, voidaan arvioida paikallisten päästöjen laatua ja mahdollisia trukeissa olevia päästöjen vähennysjärjestelmiä.

Trukit on toimitettu yritykselle kesällä 2019, joten voidaan päätellä niiden moottorien olevan vähintään Stage IV luokituksen mukaisia. Stage- luokitusta on esitelty tarkemmin aiemmin tässä tutkimuksessa, osiossa ”CO₂- päästölainsäädäntö nyt ja tulevaisuudessa”. Stage- luokitus säätelee työkoneiden päästöjä muiden, kuin hiilidioksidipäästöjen osalta. Stage- luokituksen piiriin kuuluvat häkä, typenoksidit, pienhiukkaset, hiilivedyt ja ammoniakkipäästöt. Nykyinen luokitus Stage IV tuli voimaan vuonna 2014 ja se koskee työkoneita, joiden moottoriteho on 56-130 kW. (Motiva www-sivut 2018.)

Yritykseltä saaduista tiedoista toimitetuista trukeista on nähtävillä, että ainakin 85 kilowatin nimellisteholtaan olevassa trukissa sekä pakokaasujen lisäaineellinen puhdistusmenetelmä, että hiukkassuodatin kuuluvat trukin vakiovarusteluun. Nimellisteholtaan 44 kilowattia olevan trukin vakiovarusteluihin kuuluu hiukkassuodatin, mutta

pakokaasujen lisäaineellinen puhdistusjärjestelmä ei kuulu kyseisen trukin varusteluihin, sillä trucki ei nimellisteholtaan kuulu Stage IV -luokituksen piiriin.

Hiilidioksidipäästöjä dieselkäyttöisistä vastapainotrukeista syntyy kuten kaikista poltomoottorilla toimivista koneista. LIPASTO on Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttama ja ylläpitämä järjestelmä Suomen energiankulutuksen ja pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. Se kattaa myös tieliikenteen ja työkoneiden ohella esimerkiksi raide-, vesi- ja ilmaliikenteen. (LIPASTO www-sivut 2019.)

Verrokkitrukkeina käytettyjen 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkien CO₂-päästöistä on suoritettu laskenta kyseisten trukkien käyttöasteen perusteella.

Laskennassa on käytetty LIPASTO; n määrittelemää kaavaa 3.

$$\begin{aligned} & \text{nimellisteho (kW)} \times \text{kuormitusaste} \times \text{käyttötunnit (h)} \times \text{päästökerroin} \left(\frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ & = \text{gCO}_2/\text{vuosi} \end{aligned}$$

Kaava 3. Laskennalliset hiilidioksidipäästöt (LIPASTO 2019)

Kuormitusaste ja päästökerroin on määritelty LIPASTO; n yksikköpäästötietokannan mukaan, jossa dieselkäyttöisille haarukkatrukeille on määritelty niiden keskimääräiset taulukossa 14 näkyvät arvot. Verrokkitrukkien laskennallisia hiilidioksidipäästöjä on verrattu ”Tutkimuksen tulokset”- osiossa vastaavien sähkökäyttöisten trukkien akkujen lataamisen tarvitseman sähkön tuottamisen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin.

Taulukko 14. 3,5 tn ja 5,0 tn verrokkitrukkien laskennalliset CO₂-päästöt

Trukki Linde H50 (Tunnus 1005)			Trukki Linde H35D (Tunnus 710)		
Käyttöaste	1 494,00	h/a	Käyttöaste	2 380,00	h/a
Nimellisteho	85,00	kW	Nimellisteho	44,00	kW
Päästökerroin (CO ₂)	261,00	g/kWh	Päästökerroin (CO ₂)	261,00	g/kWh
Kuormitusaste	0,30		Kuormitusaste	0,30	
Tehon käyttö	38 097,00	kWh/a	Tehon käyttö	31 416,00	kWh /a
CO ₂ - päästöt	9 943,32	g/a	CO ₂ - päästöt	8 199,58	kg/a

6.2 Sähkön tuotannon päästöt

Työkoneissa ja sähköautoissa moottorin virta saadaan tyypillisesti akustosta. Akkuteknologia on perinteinen menetelmä varastoida energiaa muun muassa työkooneissa. Perinteisin akkuteknologioista on lyijyakku, ne ovat edullisia ja yksinkertaisia. (Hietalahti, 2011, 100.)

Lyijyakkujen hyviin ominaisuuksiin lukeutuvat muun muassa maailmanlaajuinen käyttö ja valmistus, hyvä muunneltavuus esimerkiksi koon ja ominaisarvojen osalta, hyvä läpimenohyötysuhde eli akkuun varatusta energiasta saadaan hyödynnettyä yli 70 prosenttia, matala hinta ja materiaalien kierrätettävyyys. Lyijyakkujen huonoja ominaisuuksia on esimerkiksi suhteellisen lyhyt elinikä, arviolta 50 – 500 latauskertaa, pieni energiatiheys, noin 30 – 40 Wh/kg ja vedyn kehittyminen joissain malleissa. (Liimatainen 2013, 8.)

Akut ladataan verkkovirralla, joten sähkökäyttöisten ajoneuvojen päästöjä arvioidessa tuleekin siis huomioida nimenomaan sähköenergian tuotannon päästöjä. Sähkökäyttöisten työkoneiden ja ajoneuvojen akustojen lataamiseen käytettävä sähköenergia on kuitenkin tuotettava jollain tapaa, joten sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja työkoneiden vähäpäästöisyys riippuu paljon sähköenergian tuotantotavasta. Euroports Rauma Oy toimii Raumalla ja ostaa sähköenergian Rauman Energia Oy:ltä. Rauman Energia Oy ilmoittaa sähköntuotannon CO₂- päästöikseen 87 g/kWh vuoden 2018 vuosikertomuksessaan. (Rauman Energia Oy, 2018.)

Yksittäisen kohteen sähkön hiilidioksidipäästöjä laskettaessa käytetään kohteen sähkönmyyjän ilmoittamaa CO₂- päästökerrointa, tässä tapauksessa kerroin on Rauman Energia Oy:n ilmoittama 87,6 g/kWh. Suositeltavaa on myös esitellä laskenta, joka on toteutettu Suomen keskimääräistä sähkönhankintaa, joka käsittää sekä oman tuotannon että nettotuonnin, kuvaavalla CO₂- päästökertoimella. (Hippinen, Suomi, 2012, 8.) Suomen keskimääräinen sähköntuotannon CO₂- päästökerroin on 158 g/kWh (Motiva www-sivut 2019).

Laskenta on toteutettu laskemalla TMHF:n toimittaman tarjouksen perusteella latausten määrä vuodessa annetulla käyttöasteella ja keskimääräisellä yhden latauksen

mahdollistamalla käyttöajalla. Näin saadaan kaikkien latausten arvioitu määrä vuodessa ja TMHF:n tarjouksen perusteella määritellyn yhden latauskerran tarvitseman energian ollessa tiedossa, voidaan määrittää energiantarve latauksille vuositasolla. Kokonaisenergiantarpeen ollessa tiedossa, se voidaan kertoa sekä Rauman Energia Oy:n CO₂- päästökertoimella, että koko Suomen keskiarvoisella CO₂- päästökertoimella.

Taulukossa 15 nähdään päästölaskenta molemmilla päästökertoimilla. Koko Suomen keskiarvoisella päästökertoimella lasketut päästöt on otettu laskentaan mukaan, jotta nähdään myös millä tavalla sähkön tuotannon päästöt voivat vaihdella sähköntuotantomenetelmän mukaan ja näin ollen myös yksittäisen trukin laskennalliset käytettävän sähköenergian päästöt voivat vaihdella.

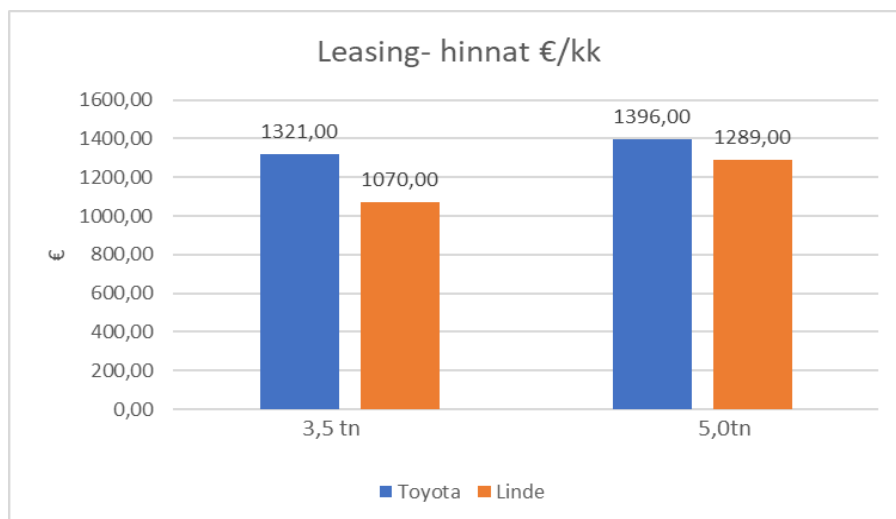
Taulukko 15. TMHF:n tarjoamien 3,5 tn ja 5,0 tn sähkötrukkien CO₂- päästöt

Toyota8FBMT50 (Sähkö) CO ₂ - päästöt			Toyota8FBMT35 (Sähkö) CO ₂ - päästöt		
Energia/lataus	88,79	kW	Energia/lataus	73,99	kW
Latausten määrä	291,23	kpl/a	Latausten määrä	403,39	kpl/a
Käyttöaste	1 494,00	h/a	Käyttöaste	2 380,00	h/a
Käyttöaika/lataus	5,13	h	Käyttöaika/lataus	5,90	h
Lataus energia yht.	25 858,14	kWh/a	Lataus energia yht.	29 846,81	kWh/a
Päästökerroin (ka. Suomi)	158,00	g/kWh	Päästökerroin (ka. Suomi)	158,00	g/kWh
Päästökerroin (Rauma)	87,60	g/kWh	Päästökerroin (Rauma)	87,60	g/kWh
Päästöt (ka. Suomi)	4 085,59	kg/ a	Päästöt (ka. Suomi)	4 715,80	kg/ a
Päästöt (Rauma)	2 265,17	kg/ a	Päästöt (Rauma)	2 614,58	kg/ a

7 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimuksen lopputuloksina saatiin tarjoukset kahdelta toimittajalta, Toyota Material Handling Finland Oy:ltä ja Wihuri Oy Tekninen Kaupalta, joissa esiteltynä kuukausittaiset leasing- hinnat sähkökäyttöisille vastapainotrukeille, käyttökustannusten vertailua sähkökäyttöisten ja dieselkäyttöisten vastapainotrukkien välillä ja mahdollisen vaihdon tuottamat ympäristöhyödyt. Tässä osiossa on esiteltynä tutkimuksen tuloksena saadut tiedot.

7.1 Leasing- tarjoukset



Kaavio 2. Kuukausittaiset sähkötrukkien leasing- hinnat, TMHF ja WTK

Tarjoukset sähkökäyttöisten vastapainotrukkien leasinghinnoista saatiin kahdelta yritykseltä; Wihuri Oy Tekninen Kauppa: lta ja Toyota Material Handling Finland Oy:ltä. Tarjoukset pyydettiin vastaamaan Euroports Rauma Oy:n satamatoimintojen vaatimuksia sekä niihin toivottiin sisältyvän latauslaitteisto ja ylläpitösopimus, johon sisältyy määräaikaishuollot ja mahdolliset tarvittavat lisähuollot. Kaaviossa 2 nähtävillä kummankin toimittajan tarjouksista poimitut leasing-vuokraushinnat sähkökäyttöisille trukeille.

Molemmissa tarjouksissa oli tarjottuna Euroports Rauma Oy:n satamatoimintoihin soveltuvat sähkökäyttöiset vastapainotrukit nostokyvyltään 3,5 tn ja 5,0 tn,

kuukausittaiset leasing- hinnat kyseisille trukeille, leasing- hintaan sisältyvä ylläpito-sopimus ja 60 kuukauden vuokra-aika. Taulukossa 16 kuvattuna kummankin tarjouksen tärkein sisältö tiivistettynä tämän selvityksen kannalta.

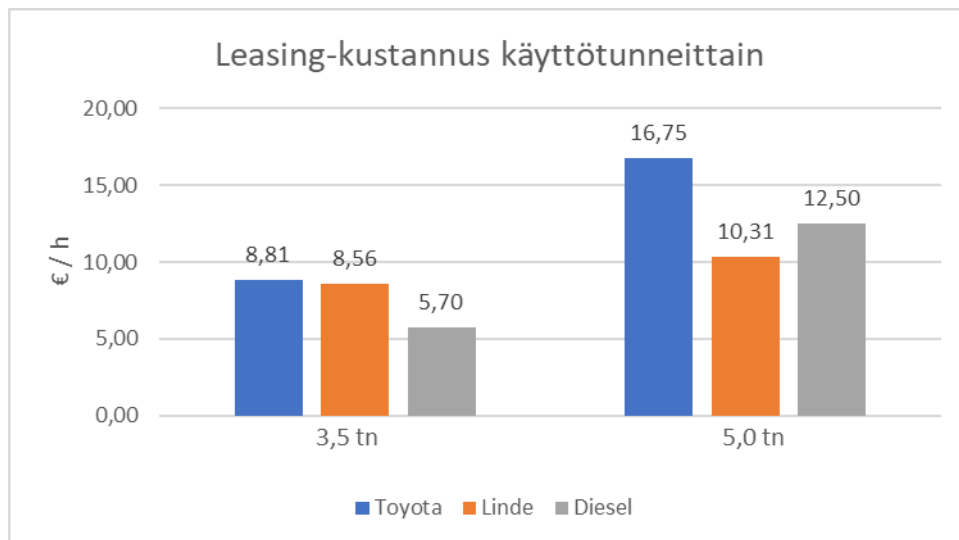
Taulukko 16. Toimittajien tarjousten erot ja yhtäläisyydet

	Toyota Material Handling Finland	Wihuri Oy Tekninen Kauppa
Sopimuksen kesto	60 kk	60 kk
Hinta 3,5 tn trukki (alv. 0%)	1321 €/kk	1070 €/kk
Määritelty käyttöaste	1800 h/a	1500 h/a
Hinta 5,0 tn trukki (alv. 0%)	1396 €/kk	1289 €/kk
Määritelty käyttöaste	1000 h/a	1500 h/a
Vaihtoakku	Kyllä	Ei
Ylläpitosopimus	Kyllä	Kyllä
Tuntirajoitus kk-hinnassa	Ei*	max. 1500 h/kk

*Jos käyttöaste eroaa merkittävästi ilmoitetusta, hinta tarkistetaan

Molemmissa tarjouksissa on määritelty tietty käyttöaste tarjotuille trukeille. Tarjouksessa esitetty kuukausittainen leasing- hinta on määritelty muun muassa tämän käyttöasteen perusteella. Taulukossa 16 näkyy jokaiselle trukille määritelty käyttöaste, TMHF:n tarjouksessa käyttöaste on määritelty vähentämällä ilmoitettujen verrokki dieseltrukkien vuosittaisista käyttötunneista 30 prosenttia, sillä sähkökäyttöinen trukki ei kuluta energiaa ”tyhjäkäynnillä” toisin kuin dieselkäyttöinen trukki.

WTK:n tarjouksessa on määritelty molemmille tarjotuille trukeille 1500 tuntia vuodessa tarjottuun hintaan sisältyväksi käyttötuntimääräksi. Ylimenevistä tunneista laskutetaan erikseen. Kaaviossa 3. on esitelty tarjouksista poimitujen sähkö- ja dieselkäyttöisten trukkien leasing- kustannuksia laskemalla käyttötuntikohtainen hinta jokaiselle trukille. Dieseltrukin kustannukset ovat TMHF:n tarjouksesta. Hinta on saatu jakamalla koko vuoden leasing- kustannukset tarjouksessa määritetyllä käyttöasteella, eli käyttötunneilla.



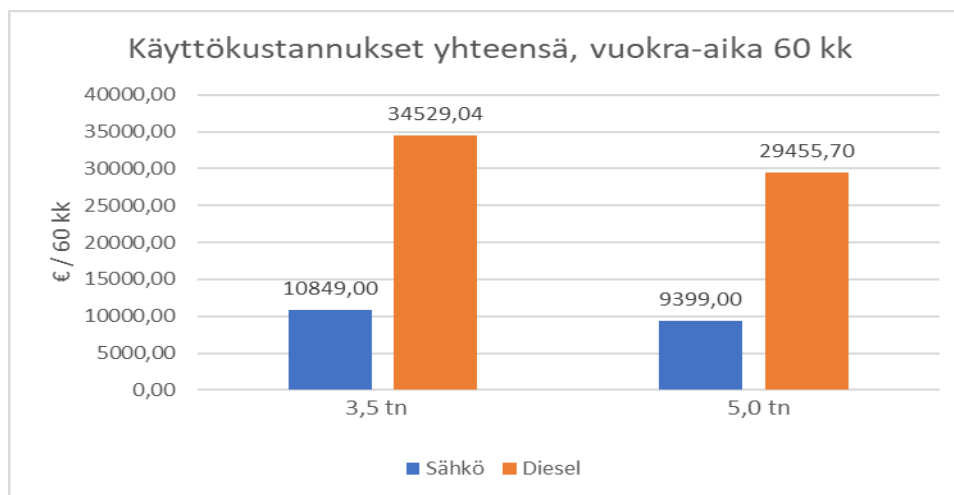
Kaavio 3. Sähkö- ja dieseltrukkien leasing- kustannukset käyttötunneittain

Kuukausittaisissa leasing- kustannuksissa erot olivat suhteellisen pieniä, mutta tunti-kohtaisesti tarkasteltuna eroja on varsinkin 5,0 tn nostokyvyltään olevissa trukeissa kahden eri trukkitoimittajan välillä. Tarjouksissa määritettyjen käyttöasteiden vaihdellessa on hyvä yhtenäistää hintojen vertailua tarkastelemalla tuntikohtaisia leasing- kustannuksia. Dieselkäyttöisten trukkien edullisuutta verrattuna sähkötrukkeihin selittää sähkötrukkien noin 30 prosenttia alemmat, Toyota Material Handling Finland Oy:n määrittelemät käyttöasteet, jotka johtuvat siitä, ettei sähkökäyttöinen trucki kuluta energiaa lainkaan ”tyhjäkäyntiin” vaan se käyttää energiaa vain silloin kun ajo- tai nostomoottori tekee työtä. Käytännössä kummallakin käyttövoimalla tehtävä työ on sama vuositasolla, sähkökäyttöinen trucki tekee sen kuitenkin käytännössä pienemmillä käyntitunneilla.

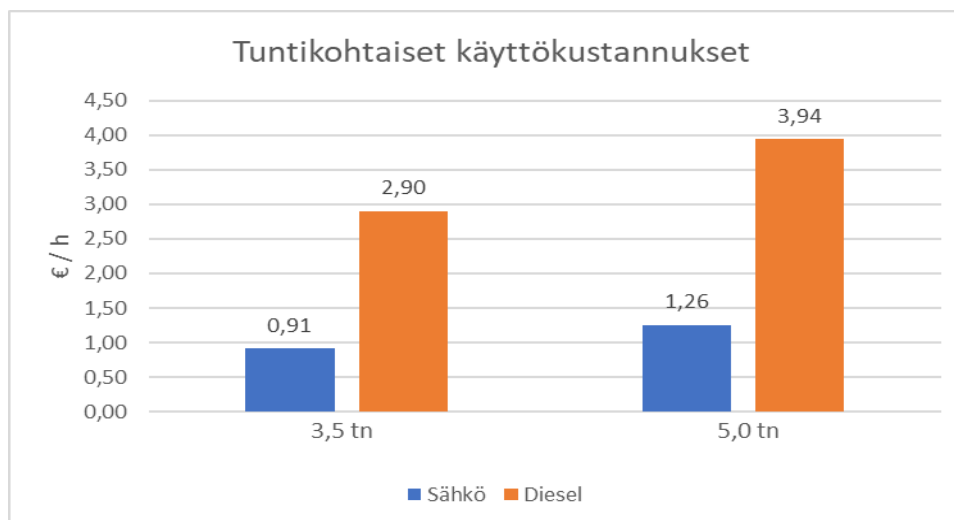
7.2 Käyttökustannusten vertailu ja kannattavuus

Nostokyvyltään 3,5 tn olevan sähkökäyttöisen trukin käyttökustannukset ovat koko vuokra-ajan aikana 69 prosenttia pienemmät kuin vastaavan dieselkäyttöisen trukin. Nostokyvyltään 5,0 tn olevan sähkökäyttöisen trukin käyttökustannukset ovat 68 prosenttia vastaavaa dieselkäyttöistä truckia pienemmät. Kaaviossa 4. on kuvattuna koko vuokra-ajan käyttökustannukset kokonaisuudessaan, kaaviossa 5 taas on esiteltyinä tuntikohtaiset käyttökustannukset sekä sähkökäyttöisille, että dieselkäyttöisille trukeille. Molempien kaavioiden tiedot ovat poimintoja TMHF:n tarjouksen ohella

saadun laskentapohjan käyttövoimakustannusten vertailutuloksista. Tuntikohtaiset käyttökustannukset on laskettu jakamalla koko vuokra-ajan käyttökustannukset kunkin trukin käyttöasteen määrittelyssä käytetyillä tunneilla, jotka myös kerrottiin koko viiden vuoden vuokra-ajalla (60 kuukautta).



Kaavio 4. Sähkö- ja dieseltrukkien käyttökustannukset, TMHF



Kaavio 5. Sähkö- ja dieseltrukkien tuntikohtaiset käyttökustannukset, TMHF

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kahden eri varastohallin käytössä olevien trukien vaihtoa sähköisiksi ja vaihdon kannattavuutta, joten taulukossa 17 ja 18 on laskettu molemmille varastohalleille yksi nostokyvyltään 3,5 tn oleva trukki ja yksi 5,0 tn nostokyvyltään oleva trukki. Toiseen halliin on tässä arvioissa laskettu sähkötrukkien säästöt verrattuna dieselkäyttöisiin WTK:n tarjouksen perusteella, toiseen halliin TMHF:n tarjouksen perusteella. Taulukossa 17 kuvattuna TMHF:n tarjoamien

sähkökäyttöisten trukkien käyttökustannus- ja leasing- kustannukset kokonaisuudessaan. Taulukossa 18 kuvattuna WTK:n vastaavat käyttökustannus- ja leasing- kustannukset ja säästöt kokonaisuudessaan. Taulukossa 19 kokonaisuudessaan kuvattuna kahden varastohallin kokonaissäästöt verrattaessa sähkökäyttöisiä trukkeja dieselkäyttöisiin trukkeihin.

Laskelmat ovat arvioita, sillä niissä ei ole otettu huomioon esimerkiksi rahan aika-arvoa ja laskelmat on tehty vuoden 2018 nykyisten verrokkitrukkien käyttötuntien ja huoltokustannusten avulla. Todellisuudessa käyttötunnit ja huoltokustannukset voivat vaihdella vuositasolla paljonkin ja näin ollen 60 kuukauden vuokra-ajan aikana käyttökustannukset voivat erota suuresti tässä työssä arvioituihin vakiona pysyviin käyttökustannuksiin verrattuna.

Taulukko 17. Sähkö vs. diesel arvioidut käyttökustannus- ja leasing- säästöt

Halli 18		
1 x 3,5 tn, 1x 5,0 tn		
Alv. 0%	Toyota 8FBMT35	Toyota 8FBMT50
Käyttöaste	2380	1494 h
Sähkön hinta	0,00727	0,00727 €/kWh
Diesel hinta	0,744	0,744 €/l
Huoltokustannukset 2018	4317,74	3590,35 €
Huoltokustannukset/käyttötunti	1,81	2,40 €/h
Diesel kulutus (Toyota verrokki)	3,90	5,30 l/h
Diesel hinta 12kk	6905,81	5891,14 €
Leasing- hinta 1kk	1 321,00	1 396,00 €
Leasing- hinta 12kk	15 852,00	16 752,00 €
Leasing- hinta 60kk	79 260,00	83 760,00 €
Leasing- ero vastaava diesel 1kk	133,00	167,00 €
Leasing- ero vastaava diesel 12kk	1 596,00	2 004,00 €
Leasing- ero vastaava diesel 60kk	7 980,00	10 020,00 €
Vastaava diesel käyttökust. 1kk	575,48	490,93 €
Vastaava diesel käyttökust. 12kk	6 905,81	5 891,14 €
Vastaava diesel käyttökust. 60kk	34 529,04	29 455,70 €
Kulutetun sähkön hinta 1kk	180,82	156,65 €
Kulutetun sähkön hinta 12kk	2 169,80	1 879,80 €
Kulutetun sähkön hinta 60kk	10 849,00	9 399,00 €
Käyttökust. Säästö 1kk	394,67	334,28 €
Käyttökust. Säästö 12kk	4 736,01	4 011,34 €
Käyttökust. Säästö 60kk	23 680,04	20 056,70 €
Leasingkust. Säästö 1kk	-133,00	167,00 €
Leasingkust. Säästö 12kk	-1 596,00	2 004,00 €
Leasingkust. Säästö 60kk	-7 980,00	10 020,00 €
Säästöt yhteensä 1kk	261,67	501,28 €
Säästöt yhteensä 12kk	7 457,75	9 605,69 €
Säästöt yhteensä 60kk	37 288,74	48 028,45 €
Halli 18 säästöt yhteensä 1kk	762,95	€
Halli 18 säästöt yhteensä 12kk	17 063,44	€
Halli 18 säästöt yhteensä 60kk	85 317,19	€

Taulukko 18. Sähkö vs. diesel arvioidut käyttökustannus- ja leasing- säästöt

Halli 20			
1 x 3,5 tn, 1x 5,0 tn			
Alv. 0%	Linde E35	Linde E50L	
Käyttöaste	2380	1494	
Sähkön hinta	0,00727	0,00727 €/kWh	
Diesel hinta	0,744	0,744 €/l	
Huoltokustannukset 2018	4317,74	3590,35 €	
Huoltokustannukset/käyttötunti	1,81	2,40 €/h	
Diesel kulutus (Toyota verrokki)	3,90	5,30 l/h	
Diesel hinta 12kk	6905,81	5891,14 €	
Leasing- hinta 1kk	1 070,00	1 289,00	€
Leasing- hinta 12kk	12 840,00	15 468,00	€
Leasing- hinta 60kk	64 200,00	77 340,00	€
Leasing- ero vastaava diesel 1kk*	118,00	274,00	€
Leasing- ero vastaava diesel 12kk*	1 416,00	3 288,00	€
Leasing- ero vastaava diesel 60kk*	7 080,00	16 440,00	€
Vastaava diesel käyttökust. 1kk*	575,48	490,93	€
Vastaava diesel käyttökust. 12kk*	6 905,81	5 891,14	€
Vastaava diesel käyttökust. 60kk*	34 529,00	29 456,00	€
Kulutetun sähkön hinta 1kk	180,82	156,65	€
Kulutetun sähkön hinta 12kk	2 169,80	1 879,80	€
Kulutetun sähkön hinta 60kk	10 849,00	9 399,00	€
Käyttökust. Säästö 1kk	394,67	334,28	€
Käyttökust. Säästö 12kk	4 736,01	4 011,34	€
Käyttökust. Säästö 60kk	23 680,00	20 057,00	€
Leasingkust. Säästö 1kk	118,00	167,00	€
Leasingkust. Säästö 12kk	1 416,00	2 004,00	€
Leasingkust. Säästö 60kk	7 080,00	10 020,00	€
* verrattu Toyota Material Handling Finland Oy toimittamiin tietoihin			
Säästöt yhteensä 1kk	512,67	501,28	€
Säästöt yhteensä 12kk	10 469,74	9 605,75	€
Säästöt yhteensä 60kk	52 348,70	48 028,75	€
Halli 20 säästöt yhteensä 1kk	1 013,95	€	
Halli 20 säästöt yhteensä 12kk	20 075,49	€	
Halli 20 säästöt yhteensä 60kk	100 377,45	€	

Taulukko 19. Sähkö vs. diesel arvioidut käyttökustannus- ja leasingsäästöt

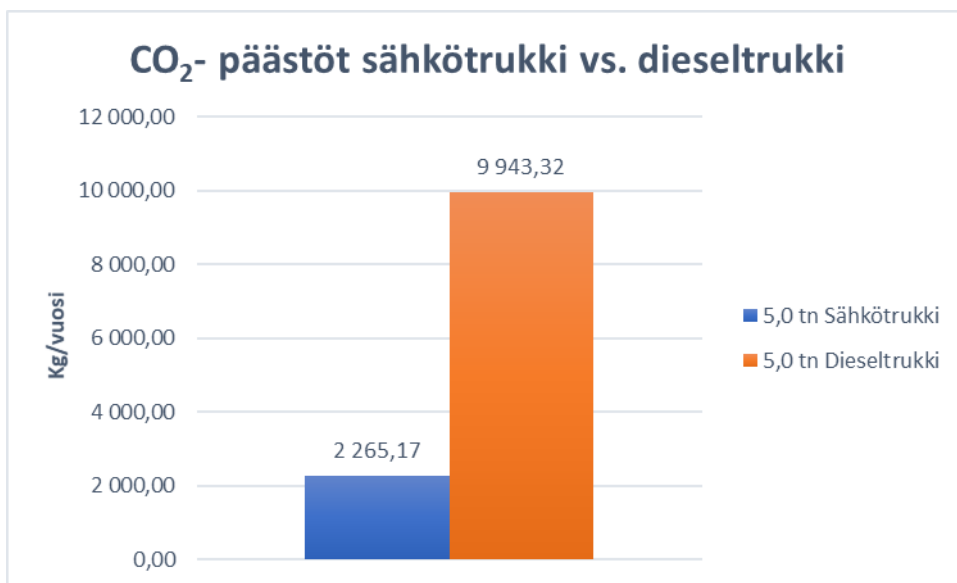
Hallit 18 ja 20 säästöt yhteensä 1kk	1 776,90	€
Hallit 18 ja 20 säästöt yhteensä 12kk	37 138,93	€
Hallit 18 ja 20 säästöt yhteensä 60kk	185 694,64	€

Taulukoissa 17, 18 ja 19 kuvatut säästöt ovat siis nimenomaan säästöjä, jotka syntyivät valittaessa dieselkäyttöisen trukin sijaan sähkökäyttöinen trucki. Todellisuudessa sähkökäyttöisten truckien valintaan liittyy paljon muutakin kuin vain itse trukin valinta, sillä esimerkiksi latauslaitteisto ja sen tarvitsema mahdollinen kiinteistö ja sähköliittymä ovat sähkötrukin käytölle välttämättömiä ja näin ollen myös lisäävät sähkökäyttöisen trukin käyttöön liittyviä kustannuksia.

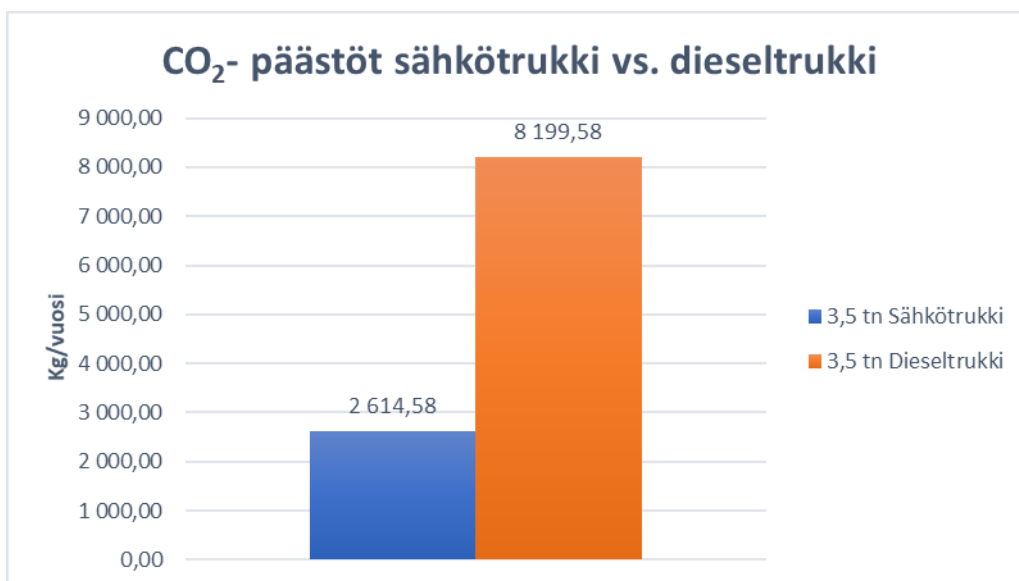
Taulukoiden 17, 18 ja 19 laskelmissa ei myöskään ole huomioituna leasing-kustannuksia muuten, kuin sähkökäyttöisen ja dieselkäyttöisen trukin leasing-kustannusten eron kannalta. Taulukot 17, 18 ja 19 osoittavat sähkökäyttöisen trukin olevan varsin kannattava verrattuna vastaavaan dieselkäyttöiseen truckiin. Säästöjä syntyy jo kuukausitasolla arvion mukaan varsin hyvin, säästöt johtuvat pääosin käyttökustannusten eroista, sähkökäyttöisten truckien lataamiseen tarvittava sähköenergia on huomattavasti edullisempaa kuin dieselkäyttöisen trukin tarvitsema määrä dieselpolttoainetta.

7.3 Ympäristöhyödyt

Vaihtamalla dieselkäyttöiset vastapainotrukit sähkökäyttöisiin vastaaviin, päästään sekä ilmaston että paikallisen työympäristön kannalta parempiin tuloksiin. Paikalliset päästöt, sekä hiilidioksidipäästöt, että muut polttomoottorista aiheutuvat päästöt häviävät kokonaan sähkökäyttöisiin trukkeihin vaihdettaessa, sillä akustosta voimansa saava sähkömoottori ei aiheuta päästöjä käytön aikana lainkaan. Akuston lataamisen vaatiman sähköenergian tuottaminen aiheuttaa kuitenkin hiilidioksidipäästöjä, joten niitä voidaan verrata dieselkäyttöisen trukin aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin.



Kaavio 6. 3,5 tn nostokyvyltään olevien trukkien laskennalliset CO₂- päästöt



Kaavio 7. 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkien laskennalliset CO₂- päästöt

Kaavioista 6 ja 7 nähdään, että sähkökäyttöisen trukin lataamiseen vaadittavan sähköenergian tuottamisen aiheuttamat CO₂- päästöt ovat 3,5 tn nostokyvyltään olevan sähkötrukin kohdalla noin 32 prosenttia vastaavan dieselkäyttöisen trukin CO₂- päästöistä, kun laskennassa käytetään Rauman Energia Oy:n ilmoittamaa 87 g/kWh CO₂-päästökerrointa. 5,0 tn nostokyvyltään olevan sähkötrukin vastaava luku on 23 prosenttia verrattuna vastaavanlaiseen dieselkäyttöiseen trukkiin.

Tämän tutkimuksen sisältämät ympäristöhyötyjen arvioinnit keskittyvät tutkittujen trukkien käytön aikaisiin päästöihin ja mahdollisen käyttövoiman vaihtamisen tuottamiin päästövähennyksiin paikallisella tasolla. Sähkökäyttöisten trukkien koko elinkaaren aikaista ympäristövaikutusten arviointia ei tehty tämän selvityksen osalta.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tuloksina saatiin leasing- tarjoukset sähkökäyttöisille trukeille, Toyota Material Handling Finland Oy:ltä leasing-tarjous vastaaville dieselkäyttöisille trukeille, käyttökustannusten vertailu dieselkäyttöisten ja sähkökäyttöisten trukkien välillä ja ympäristöhyötyjen arviointi.

Leasing- tarjouksista saatiin selville sähkökäyttöisten trukkien kuukausittaiset kustannukset ja leasing- sopimukseen sisältyvät huollot. Suurimpana erona Toyota Material Handling Finland Oy:n ja Wihuri Oy Tekninen Kauppa tarjouksien välillä oli TMHF:n tarjoamien trukkien sisältämät vaihtoakut ja WTK:n tarjouksen sisältämä vuosittainen käyttötuntien rajoitus. Tämän tutkimuksen puitteissa saadut tarjoukset ovat kuitenkin suuntaa antavia tarjouksia, joiden pohjalta mahdollista investointia arvioidessa voidaan lähteä yksityiskohtaisemmin tarkastelemaan leasing- sopimusten lopullista sisältöä yhdessä toimittajien ja asiakkaan kanssa. TMHF:n toimittamassa tarjouksessa oli mukana myös vastaavat dieselkäyttöiset trukit ja niiden leasing- hinnat, joten tutkimuksessa verrattiin näiden kahden eri käyttövoimalla toimivien trukkien leasing- hintojen eroa toisiinsa. Tarjouksen mukaisissa kuukausittaisissa hinnoissa ei ollut suurta eroa perustuen käyttövoiman valintaan, joten näin ollen sähkökäyttöinen trukki olisi esimerkiksi käyttövoimakustannusten ja päästöjen vähenemisen perusteella varteenotettava vaihtoehto.

Käyttövoimakustannuksia vertaillessa sähkökäyttöiset trukit nousivat reilusti dieselkäyttöisiä trukkeja edullisemmiksi, sähkötrukkien akkujen lataamisen tarvitseman sähköenergian hinta on huomattavasti edullisempi kuin vastaavien dieselkäyttöisten trukkien tarvitseman polttoaineen hinta, sekä kuukausitasolla että koko leasing- sopimuksen vuokra-ajalla. Ero hinnoissa on niin suuri, että sähköenergian hinnan tulisi muuttua todella paljon suuremmaksi, että dieselkäyttöinen trukki tulisi käyttövoimakustannuksiltaan edullisemmaksi.

Käyttövoimakustannuksia vertaillessa otettiin myös kantaa sähkökäyttöisten trukkien tarvitseman latauslaitteiston, sähköliittymien ja mahdollisen kiinteistön kustannuksiin. Tällä hetkellä Euroports Rauma Oy:llä on jo dieselkäyttöisten trukkien tankkaamiseksi valmis infra olemassa, joten sähkökäyttöisten trukkien tarvitsema latausinfra on

mahdollisesti sähkökäyttöisten trukkien kannalta heikentävä tekijä mahdollista investointia suunnitellessa.

Ympäristön kannalta vaihto olisi merkittävä varsinkin paikallisten päästöjen kannalta. Sähkökäyttöisestä trukista paikallisia päästöjä ei synny lainkaan, mikä vaikuttaa varsinkin suljetuissa sisätiloissa ilman laatuun ja sitä kautta myös esimerkiksi työntekijöiden työhyvinvointiin. Sähkökäyttöisten trukkien akkujen lataamiseen vaatiman sähköenergian päästöt riippuvat sähkön tuotantotavasta ja ainakin Rauman Energia Oy:n ilmoittamien hiilidioksidipäästökertoimien perusteella sähkökäyttöisten trukkien hiilidioksidipäästöt jäävät sekä 3,5 tn ja 5,0 tn nostokyvyltään olevien trukkien kohdalla 20-30 prosenttiin vastaavan dieselkäyttöisen trukin hiilidioksidipäästöistä. Ympäristöhyötyjen osalta myös esimerkiksi alueelle tuotavien polttoaineiden määrä laskee kaluston mahdollisen sähköistämisen yhteydessä ja näin ollen riskit esimerkiksi suuriin öljyvuotoihin pienenevät.

Johtopäätöksenä tutkimukselle voidaan todeta verrattaessa sähkökäyttöisiä trukkeja dieselkäyttöisiin trukkeihin käyttövoimakustannusten ja leasing- kustannusten osalta, sähkökäyttöisten trukkien olevan kuukausittaisilta leasing- kustannuksiltaan lähes samalla tasolla dieselkäyttöisten trukkien kanssa ja käyttövoimakustannuksiltaan sähkökäyttöiset trukit ovat huomattavasti dieselkäyttöisiä trukkeja kannattavampia. Näiden tulosten puhuessa sähkökäyttöisten trukkien puolesta, tulee muistaa ottaa huomioon sähkökäyttöisten trukkien tarvitseman latausinfraan kustannukset arvioidessa mahdollista investointia.

LÄHTEET

Dieselnet, www-sivut. 2019. Stage IV-V. Viitattu 14.8.2019. <https://www.dieselnet.com>

Euroports www-sivut. 2019. Viitattu 3.6.2019. <http://www.euroports.fi/index.php>

Hietalahti, L. 2011. Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonekäyttöön. Tampere. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka. Viitattu 7.10.2019.

Hippinen, I & Suomi, U. Yksittäisen kohteen CO₂- päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂- päästökertoimet. Motiva Oy. 2012. Viitattu 28.10.2019.

Ikäheimo, S., Malmi, T., Walden, R. 2012. Yrityksen laskentatoimi. 5. uudistettu painos. Helsinki. Sanoma Pro Oy. Viitattu 11.10.2019.

Kaavio 1. Selin, E. 2019. Prosessin kulku kontitusvarastossa. Pori.

Kuparinen, S. 2019. Euroports Rauma Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2019.

Kuva 1. Wihuri Oy Tekninen Kauppa. Www-sivut. 2019. Viitattu 28.10.2019. <https://www.tekninenkauppa.fi>

Kuva 2. Toyota Material Handling Finland Oy www-sivut. Viitattu 11.10.2019. <https://toyota-forklifts.fi/>

Kuva 3. Toyota Material Handling Finland Oy www-sivut. Viitattu 11.10.2019. <https://toyota-forklifts.fi/>

Kuva 4. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hallussa.

Kuva 5. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hallussa.

Kuva 6. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hallussa.

Kuva 7. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hallussa.

Kuva 8. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hallussa.

Kuva 9. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hal- lussa.

Kuva 10. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hal- lussa.

Kuva 11. Toyota Material Handling Finland Oy. 2019. Helsinki. Tarjousasiakirjat. 11.10.2019. Vastaanottaja Euroports Rauma Oy. Asiakirjat Euroports Rauma Oy hal- lussa.

Kuva 18. Nylund, N-O., Söderena, P., Rahkola, P. Työkoneiden CO₂- päästöt ja nii- hin vaikuttaminen. 2016.

Liimatainen, L. 2013. Käytetyimpien akkutyyppeiden kehitys. AMK-opinnäytetyö. Centria ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.11.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013112217807>

LIPASTO www-sivut. 2017. Viitattu 28.10.2019. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

Motiva www-sivut. 2019. Viitattu 25.8.2019. https://www.motiva.fi/julkinen_sek- tori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet

Motiva www-sivut. 2019. Viitattu 7.10.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kes- tava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvo- tekniikka/moottoritekniikka/dieselmoottori

Motiva www-sivut. 2019. Viitattu 7.10.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kes- tava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvo- tekniikka/moottoritekniikka/bensiinimoottori

Motiva www-sivut. 2019. Viitattu 28.10.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/ener- giankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaasto- jen_laskentaan/co2-paastokertoimet

Nylund N-O., Söderena P., Rahkola P. Työkoneiden CO₂- päästöt ja niihin vaikutta- minen. 2016. Viitattu 14.8.2019.

Rauman Energia Oy. Vuosikertomus. 2018. Viitattu 25.8.2019. <https://raumanener- gia.fi/yritystietoa/vuosikertomukset>

Sjöström, M. Sähköauto voi olla iso saastuttaja – tärkeintä on katsoa koko energiapa- lettia ja elinkaarta. Tekniikka ja talous- verkkojulkaisu. Viitattu 7.10.2019. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sahkoauto-voi-olla-iso-saastuttaja-tarkeinta- on-katsoa-koko-energiapalettia-ja-elinkaarta/352fb674-88e9-3d73-bccd- e6ad6e847eeb>

Smart Urban Business www-sivut. 2019. Viitattu 9.9.2019. <https://smarturbanbusi- ness.samk.fi/>

Suomen Akut www-sivut. 2019. Viitattu 30.10.2019. <http://ajankohtaista.suomenakut.fi/fi/>

Toyota Material Handling Finland Oy www-sivut. 2019. Viitattu 25.8.2019. <https://toyota-forklifts.fi>

Toyota Material Handling Finland Oy www-sivut. 2019. Viitattu 9.9.2019. <https://toyota-forklifts.fi>

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja Elinkeino ministeriö. Helsinki. 2017. Viitattu 14.8.2019.

Vieno, M-M. 2019. Euroports Rauma Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.10.2019.

Viinikkala, P. 2019. Euroports Rauma Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 7.8.2019.

Ylinen, M. 2019. Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Henkilökohtainen tiedonanto 27.10.2019.

Ympäristöministeriö www-sivut. 2019. Viitattu 25.10.2019. [https://www.ymparisto.fi/fiFI/Ajankohtaista/Tyokoneala_sopi_ymparistoministerion_kan\(52278\)](https://www.ymparisto.fi/fiFI/Ajankohtaista/Tyokoneala_sopi_ymparistoministerion_kan(52278))

Åberg, F. 2019. Toyota Material Handling Finland Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 11.10.2019. Viitattu 11.10.2019.

TARJOUSPYYNTÖ TRUKKITOIMITTAJILLE

Hei!

Lähestyn Teitä Euroports Rauma Oy:lle tehtävän opinnäytetyön merkeissä. Simo Kuparinen Euroports Rauma Oy:ltä on myös lähestynyt Teitä sähköpostitse asian tiimoilta.

Teemme Euroports Rauma Oy:lle opinnäytetyönä selvityksen nykyisten dieseltrukkien vaihdosta sähköisiin trukkeihin ja sen kannattavuudesta. Tarjoustanne käytetään apuna vaihdon kannattavuutta arvioivassa laskennassa.

Yrityksen toiveesta selvitämme mahdollisen sähköisen kaluston hankinnan leasing- tarjouksia Euroports Rauma Oy:n satamatoimintaan.

Leasing- sopimukseen tulisi kuulua kaikki tarvittavat huollot, sekä määräaikais- että tarvittavat lisähuollot.

Lisäksi toivomme tarjouksen sisältävän myös latauslaitteen sähkötrukille.

Kaupallisina ehtoina tarjouksessa voidaan pitää samoja, kuin aiemmissa asioinneissanne Euroports Rauma Oy:n kanssa. Toivomme tarjoukset yhden maksuerän periaatteella.

Selvityksen tueksi pyytäisin Teiltä leasing- tarjousta seuraavanlaisten trukkien korvaamiseksi sähköisillä, sekä niille soveltuvista latausratkaisuista;

- Nostokyky 5000kg, nykyinen dieselmoottorin nimellisteho 85 kW
- Nostokyky 3500kg, nykyinen dieselmoottorin nimellisteho 44 kW

Kukin selvityksessä olevista trukeista on tarkoitettu paperirullien käsittelyyn kahdessa eri ulkovarastossa, joten rullien käsittelyyn tarkoitettujen lisälaitteiden toivotaan olevan huomioituna tarjouksessa. Trukkien varustetaso voisi kaikin puolin olla samanlainen kuin nykyisissäkin yrityksen trukeissa.

Toivomme tarjouksen sisältävän myös teknistä tietoa laitteista.

Mikäli Teillä on kysyttävää tästä selvityksestä, voitte olla minuun yhteydessä ja vastaan tiedusteluihinne ja selvitan mahdolliset tarvittavat lisätiedot tarjouksen tueksi.

Ystävällisin terveisin;

Henna Puromäki
Opiskelija
Satakunnan Ammattikorkeakoulu