

## Vihreä siirtymä kelalogistiikassa



Konetekniikan opinnäytetyö

Konetekniikka

Kevät 2023

Karri Mäki

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin SSAB Hämeenlinnan tehtaalle. Työn tavoitteena oli tehdä tukimateriaali fossiilivapaiden työkonoiden hankintaan. Tietoa kerättiin trukien ja terminaalitrukkien nykytarjonnasta, niiden käyttövoimista ja selvitettiin niiden soveltuvuutta SSAB Hämeenlinnan käyttöön. Tarkoituksena oli tehdä alustava suunnitelma SSAB Hämeenlinnan, leikkaus- ja lähetysalueen kelaliikenteen muuttamisesta fossiilivapaaksi seitsemän vuoden aikataululla. SSAB:n suunnitelman mukaisesti SSAB pyrkii neutralisoimaan suurimmalta osalta omasta liiketoiminnasta johtuvat hiilidioksidipäästöt noin vuonna 2030.

Työssä vertailtiin eri käyttövoimia ja niiden mahdollisuuksia Hämeenlinnan tehtaalla. Työssä tutkittiin myös uusiutuvan dieselin käyttöönottoa tehtaalla. Tehtaalla on samat vaatimukset tankkauspisteelle riippumatta siitä, onko säiliössä uusiutuvaa dieseliä vai fossiilista dieseliä. Nesteen mukaan uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää missä vain dieselmoottorissa.

Vertaillessa käyttövoimia tultiin tulokseen, että kalusto halutaan sähköistää, sillä sähkö on puhdasta. Suomessa keskimäärin 1 kWh tuottaminen päästää 97 g CO<sub>2</sub>. Sähkökoneet ovat energiatehokkaita ja sähkömoottori kykenee tuottamaan maksimiväännön läpi kierrosalueen.

Työssä haastateltiin eri henkilöitä muun muassa sähkötrukeista, sähköinfra ja ympäristöasioista. Haastatteluissa ilmeni, että uuden sähköisen kaluston toimitusketjun läpimenoaika on suuri. Koneen tilauksesta voi mennä lähes vuosi, että uuden koneen saa käyttöönsä. Sähkötyökonoiden akkukapasiteetin riittävyttä on hankala arvioida etukäteen. Sähkötyökoneet vaativat tehokkaita laatureita, mikä asettaa haasteensa muun muassa sähkönsyötön osalta.

Opinnäytetyössä tehtiin kaksi erillistä suunnitelmaa sisäisen kelalogistiikan muuttamisesta fossiilivapaaksi. Ensimmäinen suunnitelma tehtiin tuntien perusteella. Toisessa suunnitelmassa halutaan hakea kokemuksia sähköistämällä vähemmän kriittisessä paikassa toimiva trukki, jonka kokemuksen perusteella pystytään valitsemaan sopiva kone tehtaan kriittisempiin pisteisiin.

Työ on rajattu koskemaan alueen työkonoiden, joiden käyttöaste on suurin. Uusittavien työkonoiden osuus leikkaus ja lähetysalueen polttoainepisteen fossiilisen polttoaineen kulutuksesta vuonna 2022 oli 66 %. Vuositasolla voidaan vähentää suuri määrä hiilidioksidipäästöjä, jotka ovat peräisin fossiilisista polttoaineista.

---

This thesis was made for SSAB Europe Oy. The aim of this thesis is to create support material for acquiring heavy forklifts and terminal tractors which are powered by fossil free fuels. Thesis includes information about alternatives to fossil fuels, what is the current state of fossil free coil logistics, who sells them and what should be take into account. The purpose is to a make seven-year plan to migrate coil logistics to use fossil free fuels. SSAB is going to eliminate most of its CO<sub>2</sub> emissions from own operations by 2030.

In this thesis different alternatives to fossil fuel were compared. The alternatives were reviewed and evaluated how they would fit to steel mill usage.

Introduction of renewable diesel was studied. Environmental requirements for fuel dispensing station stay the same even if the fuel was renewable. Neste claims their renewable fuel to fit any diesel motor powered vehicle.

When fossil free alternatives were compared, a conclusion was made: coil transportation should be electrified. Advantages of electric forklifts are: Electricity is clean and producing electricity produces low amounts of carbon dioxide. Electric machines are great on energy efficiency. Electric motors can produce maximum amount of torque immediately.

During the thesis process, some interviews were conducted to get information about purchasing process of electric forklifts, electric infrastructure, and environmental side of biofuels. The interviews revealed that acquiring new electric forklifts can take up to a year from the date forklift is ordered to the date when forklift arrives to mill. Electric vehicle's capacity of battery is not easy to estimate beforehand. Also, electric work machines need powerful battery chargers which set challenges to supplying power to the charger.

Two separate plans were made to allow fossil free coil logistics. The first plan is created by using hours as an indicator when to replace old machines. In the second plan, experiences of electric forklifts were to be gathered from non-critical places of factory's coil logistics. With these experiences, right forklifts could be chosen for critical places of factory's coil logistics.

The machines that are taken account in this thesis represent 66 % of fossil fuel usage from the SSAB Hämeenlinna main fuel station. By electrifying these four work machines significant amount of CO<sub>2</sub> from fossil fuels could be reduced.

Keywords Renewable energy, forklifts, metal industry

Pages 42 pages

## Sanasto

Energiatehokkuus	Kuinka paljon akku pystyy luovuttamaan energiaa verrattuna lataukseen käytetystä energiasta.
EN15940	Eurooppalainen standardi parafiinisille polttoaineille, joka koskee fossiilisia ja uusiutuvia polttoaineita.
HVO100	“Hydrotreated Vegetable Oil 100 %”. Toisen sukupolven biodiesel.
Polttokenno	Sähkökemiallinenlaite, joka muuntaa polttoaineen kemiallisen energian ja hapettavan aineen sähköksi hapetus-pelkistysreaktion avulla.
SK(x)	SSAB Hämeenlinnassa käytetty tunniste sähkökeskuksille.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	SSAB.....	2
2.1	SSAB Suomessa .....	2
2.2	SSAB Hämeenlinnan tehdas .....	3
3	Fossiilisten vaihtoehtojen korvaajat.....	4
3.1	Biodiesel ja uusiutuva diesel .....	4
3.2	Vety-polttokennoteknologia .....	5
3.3	Täyssähkö ja eri akkutyypit .....	6
4	Yhteenvedo fossiilivapaista käyttövoimista .....	14
5	Sähköistämisen vaatimat infrastruktuurin muutokset .....	14
6	Vety-polttokennoteknologian mahdollisuudet Hämeenlinnan tehtaalla .....	15
7	Käyttövoimien tulevaisuus .....	15
8	Sisäisen kelalogistiikan nykytilanne.....	16
8.1	Kalmar 26T DCG 250–12, 66291, vientipakkaus .....	20
8.2	Kalmar 26T DCG 250–12, 66277, kotimaanpakkaus.....	21
8.3	Kalmar 18T DCG180-6, 66268, rainapakkauslinja.....	21
8.4	SMV 30T 28-1200C, 66272, kelälähetys.....	22
8.5	Kalmar TR618IC, 66282, kela- ja rainasiirrot.....	22
8.6	Varakoneet.....	23
9	Suunnitelman käyttövoiman valitseminen.....	23
10	Saatavilla olevat sähkötrukit .....	24
11	Saatavilla olevat sähköterminaalitraktorit .....	24
12	Tehtaan henkilökunnan haastattelut .....	25
13	Tankkauspuoleen polttoainedata 01.01.2022-31.12.2022 .....	27
14	Kaluston nykytilan avainluvut .....	28
15	Kaluston uusiminen .....	29
15.1	Kaluston uusimissuunnitelma 1 .....	29
15.2	Kaluston uusimissuunnitelma 2 .....	32

16	Uusiutuvan dieselin käyttöönotto.....	34
17	Vaadittavat sähköinfrastruktuuri muutokset.....	35
18	Päästövähennykset.....	36
19	Pohdinta .....	36
	Lähteet.....	37

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tehdä alustava suunnitelma SSAB Hämeenlinnan, leikkaus- ja lähetysalueen kelaliikenteen vihreästä siirtymästä, jonka mukaisena sisäinen kelaliikenne olisi seitsemän vuoden päästä fossiilivapaata. Työn tavoitteena on tuottaa tukimateriaalia fossiilivapaiden työkoneiden hankinnan päätöksenteon tueksi ja antaa tietoa eri käyttövoimista, trukkien ja terminaalitraktoreiden nykytarjonnasta ja niiden soveltuvuudesta SSAB Hämeenlinnan käyttöön.

SSAB:n asiakkaat vaativat entistä vihreämpää tuotantoa, joten tarve muuntaa tuotantoketju ja tukitoimet fossiilivapaaksi on suuri. SSAB:lla on suunnitteilla tuoda fossiilivapaa teräs markkinoille vuonna 2026. Opinnäytetyössä vertaillaan eri fossiilivapaita vaihtoehtoja, joita pystytään hyödyntämään tehtaan sisäisissä kelasiirroissa. Työ on rajattu koskemaan vain manuaalisesti operoitavia kelatrukkeja sekä terminaalitraktoreita. SSAB:lla turvallisuus tulee aina ensin, joten se on jokaisessa päätöksessä yksi vaikuttava tekijä. Työssä arvioidaan kelalogistiikan nykykapasiteettia ja fossiilivapaa kelaliikenne suunnitellaan kapasiteetin osalta riittäväksi. SSAB Hämeenlinnassa on käytössä alihankittu trukkihuolto, jonka kapasiteetti huoltaa vihreän siirtymän mukaista kalustoa tulee ottaa huomioon työtä suunnitellessa. Fossiilivapaassa kelaliikenteessä vastaan tulee myös infrastruktuurilliset muutokset.

Työssä perehdytään fossiilivapaisiin työkoneisiin ja pyritään ottamaan merkittävimmät asiat huomioon mitkä liittyvät fossiilivapaisiin työkoneisiin ja niiden tarvitsemiin infrastruktuurillisiin muutoksiin. Suunnitelman uusien koneiden käyttövoima ei saa vaikuttaa tehtaan kelaliikenteeseen negatiivisesti. Materiaalivirran tulee pysyä vähintään entisellä tasollaan.

## 2 SSAB

SSAB on ruotsalainen teräsyhtiö, joka toimii maailmanlaajuisesti. SSAB on erikoislujien terästen johtava toimittaja. SSAB:n liiketoiminta on jaettu viiteen eri divisioonaan: SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB Americas, Tibnor ja Ruukki Construction. SSAB on pörssilistattu yritys. Osakkeet noteerataan ensisijaisesti Tukholman pörssissä, Nasdaq Tukholma Large Cap -listalla, ja toissijaisesti Nasdaq Helsingissä. Vuonna 2021 SSAB teki 96 miljardin Ruotsin kruunun liikevaihdon. Maailmanlaajuisesti SSAB:llä on 14 000 työntekijää yli 50 maassa (SSAB, n.d. A).

SSAB Europe:n osuus koko SSAB:n tuotosta oli noin 36 % vuoden 2022 tammikuu-syyskuu ajalta (SSAB, 25.10.2022). SSAB Europe divisioonan liikevaihdosta noin 50 % tulee pohjoismaista, 40 % Euroopasta ja 10 % muualta. (SSAB, n.d. B)

SSAB:lla on meneillään HYBRIT-hanke, jonka tavoitteena on tuoda fossiilivapaa teräs markkinoille vuonna 2026. Vuoteen 2030 mennessä SSAB pyrkii neutralisoimaan liiketoiminnastansa johtuvat hiilidioksidipäästöt. Fossiilivapaan teräksen kasvavan kysynnän vuoksi SSAB on nopeuttanut aikatauluansa ohutlevytuotannon uudistuksen ja vihreän siirtymän osalta. Edellisen tavoitteen mukaan liiketoiminnan hiilidioksidipäästöt tuli neutralisoida vuodeksi 2045 (SSAB, n.d. F).

### 2.1 SSAB Suomessa

2014 tapahtuneen SSAB:n ja Rautaruukin fuusioitumisen vuoksi Suomessa toimivista Rautaruukin tehtaista lähes kaikista tuli osa SSAB Europe divisioonaa. Divisioonaa johdetaan Hämeenlinnasta ja divisioonanjohtaja on Olavi Huhtala (SSAB, n.d. C).

SSAB Europe toimitti 3.6 miljoonaa tonnia terästä asiakkailleen vuonna 2021. SSAB:n kaksi isointa tehdasta Suomessa ovat, Raahen ja Hämeenlinnan tehtaات. Pienempiä tuotantolaitoksia on myös Oulaisissa, Pulkkilassa, Toijalassa ja Kankaanpäässä (SSAB, n.d. C). Kaikkiaan Suomessa työskentelee SSAB:lla noin 4700 henkilöä. (SSAB, 14.12.2022)



## 2.2 SSAB Hämeenlinnan tehdas

SSAB Hämeenlinnassa työskentelee noin tuhat henkilöä. Hämeenlinnassa tuotetaan terästä muun muassa autoteollisuuden ja rakennusteollisuuden käyttöön. Hämeenlinnan tehdas on toiminut vuodesta 1972. Putkituotteiden tuotanto alkoi vuonna 1973. Maalipinnoitus aloitettiin vuonna 1977 (SSAB, n.d. D)

Hämeenlinnan tehtaalla kokonaispinta-ala on 54,6 hehtaaria. Alueella on rakennuspinta-alaa 13,9 hehtaarin edestä. Teitä alueella on 2,5 kilometriä ja rautateitä 7,8 kilometriä (SSAB intranet, n.d.)

Hämeenlinnan tehtaalla valmistetuista tuotteista yli 80 % on metallipinnoitettuja. Puolet metallipinnoitetuista tuotteista saavat vielä maalipinnoituksen päälle. Vuonna 2014 tapahtuneen fuusion myötä tehdas siirtyi Rautaruukilta SSAB:lle. (SSAB intranet, n.d.)  
Kuvassa 1 SSAB:n Hämeenlinnan tehdas, jossa opinnäytetyössä käsiteltävät toiminnot sijaitsevat.

Kuva 1 SSAB Hämeenlinnan tehdas. (SSAB, n.d. Hämeenlinnan tehdas)



### 3 Fossiilisten vaihtoehtojen korvaajat

Opinnäytetyön kolmannessa osiossa käydään läpi eri vaihtoehtoja korvaamaan fossiilipolttoaineilla toimivat työkoneet ja minkä tyyppisiä päästöjä niistä koituu. Lisäksi tässä osiossa käydään läpi asioita, joita tulee ottaa huomioon tiettyä energiatyyppiä hankittaessa. Markkinoilla on paljon erilaisia trukkivaihtoehtoja. Suurin valikoima on edelleen dieselkäyttöisillä polttomoottoritruckeilla. Dieselkäyttöisiä trukkeja ei ole vielä pystytty korvaamaan sähkökäyttöisillä truckeilla yli 50 tonnin nostokapasiteetti luokassa. Sähkökäyttöisten trukkien nostokapasiteetti rajoittuu Kalmarin valikoimassa 33 tonniin. (Kalmar, n.d. A)

Perinteisestä polttomoottoritruckista seuraava askel kestävämpään kehitykseen on HVO100 ja biokaasutrukit. Useat truckit ovat nykyään jo tehtaalta tuleessa valmiita käyttämään HVO100 polttoaineita, eli 100 % uusiutuvista raaka-aineista tehtyä dieseliä. (Kalmar, n.d. B)

Uusiutuvan dieselin sopivuus on varmistettava erikseen, sillä jos valmistaja ei ole hyväksynyt HVO100 polttoaineiden käyttöä tuotteessaan, moottorin ja polttoainejärjestelmän takuu voi raueta. Esimerkiksi Toyotan nestekaasutrukit voidaan muuntaa helposti käyttämään biokaasua. Näitä muutostöitä tekee esimerkiksi Terragas. (Terragas, n.d.)

#### 3.1 Biodiesel ja uusiutuva diesel

Biodieseliä on kahdentyyppistä: ensimmäisen sukupolven biodieselit eli FAME (fatty acid methyl ester). Ensimmäisen sukupolven biodieseleiden laatu vaihtelee käytettyjen raaka-aineiden mukaan. FAME biodieselit sisältävät happea ja kykenevät sitomaan vettä itseensä, jotka voivat aiheuttaa ongelmia moottorissa, sekä polttoaineen säilömisessä (Moottori, 4.12.2017).

Toisen sukupolven biodieselit: Uusiutuva diesel (HVO) on korkealaatuista polttoainetta. HVO polttoaineet ovat valmistettu biomassasta vetykäsittelytekniikalla. HVO dieselit eivät sisällä

happea ensimmäisen sukupolven dieseleiden tapaan. Toisen sukupolven dieselit ovat tasalaatuisia ja vastaavat fossiilista dieseliä koostuvuudeltaan (Moottori, 4.12.2017).

Uusiutuva diesel on uusiutuvista raaka-aineista valmistettua dieseliä. Uusiutuvaa dieseliä valmistetaan Suomessa, joka on yksi eduista verrattuna fossiiliseen dieseliin. Tässä opinnäytetyössä otetaan huomioon vain EN15940 standardin täyttävä uusiutuva diesel. Suomessa myydään pääasiassa vain EN 15940 standardin täyttävää uusiutuvaa dieseliä. Neste kertoo, että heidän toisen sukupolven dieselin säilyvyys on verrattavissa fossiiliseen dieseliin. Neste MY uusiutuvan dieselin setaaniluku on 70–95. (Neste, 2020. Renewable diesel handbook)

Suomalaisen tutkimuksen mukaan biopolttoaineiden käytöllä ei ole vaikutusta polttomoottorin huoltotarpeisiin tai vikaantumiseen. Mittauslaitteisto asennettiin neljään liikennekäytössä olleeseen bussiin. Tutkimuksen aikana busseilla ajettiin 80tkm-168tkm. Tutkimuksessa todettiin, että biopolttoaineita käyttämällä lähipäästöt eivät ainakaan kasva. Tutkimuksessa saatiin viitteitä siitä, että biodiesel vähentäisi typen oksidipäästöjä, vaikka NOx-päästöjen määrä riippuu ensisijaisesti katalysaattorin toiminnasta (VTTResearch, 2020, s.26–39)

Neste ilmoittaa heidän uusiutuvan dieselin olevan noin 0,25 €/litra kalliimpaa kuin heidän fossiilinen vaihtoehtonsa. Hinnat kuitenkin vaihtelevat asemittain. Neste tarjoaa myös työkone- ja lämmityskäyttöön MY Uusiutuva polttoöljyä (Neste, n.d.).

Suomessa toisen sukupolven uusiutuvaa dieseliä myyvät Neste, ST1/Shell, UPM ja Teboil. Näiden tuotemerkit ovat: Neste My Uusiutuva Diesel, Neste My Uusiutuva polttoöljy, ST1 HVO-Diesel, UPM BioVerno -diesel ja Teboil Green+ Uusiutuva diesel. UPM:n valmistamaa uusiutuvan dieselin raaka-aineena käytetään mäntyöljyä, joka on selluntuotannon lähde. (UPM, n.d.)

### **3.2 Vetypolttokennoteknologia**

Vetyä käytettäessä polttoaineena ei pakokaasuja synny, vaan lämpöä ja vettä. Yksinkertaisesti polttokennoteknologiassa muunnetaan vety sähköksi hapetus-pelkistysreaktion avulla, ja sähköllä pyöritetään sähkömoottoria. Vedyn yleistyminen

polttoainekäyttöön vaatisi jakeluverkoston. Vedyn valmistaminen vaatii paljon energiaa, joka nostaa polttoaine vedyn hintaa. Polttokennoteknologia myös itsessään kallista (Motiva, n.d. Polttokennoauto). Polttokennotrukkeja valmistaa esimerkiksi Toyota, Still ja Kalmar. Kalmar on tehnyt yhteistyötä SSAB:n kanssa polttokennotrukin suunnittelussa.

Kuvassa 2 Kalmar on vertaillut ja ennustanut polttokennoteknologialla ja sähköllä toimivia terminaalitruktoreita ja niiden kustannuksia. Kuten kuvasta näkyy, polttokennoteknologia on kalliimpaa valmistaa ja käyttää kuin sähkökäyttöiset ajoneuvot.

Kuva 2 FCEV vs BEV (Kalmar, 21.11.2022. HYDROGEN)

### Estimates & comparison 1: Terminal tractor FCEV vs. BEV

Input and assumptions	High level simple dimensioning proposal
$P_{avg} = 15 \text{ kW}$	$P_{FC} = 2 \times P_{avg} = 30 \text{ kW}$
$P_{peak} = 125 \text{ kW}$	$P_{cooling} = P_{FC} / 2 = 15 \text{ kW}$
$t_{op} = 8 \text{ h}$	$E_{op} = P_{avg} \times t_{op} = 120 \text{ kWh}$
Fuel cell pack price: <b>750 €/kW @ volumes below 100</b>	$E_{H_2} = E_{op} \times 0.0599 = 7.2 \text{ kg (minimum 8 kg tank)}$
H <sub>2</sub> tank price: <b>1,000 €/kg</b>	$E_{FCbat} = P_{FC} \times 1 \text{ (h)} = 30 \text{ kWh}$
Battery price: <b>Energy type 250 €/kWh</b> <b>Power type 750 €/kWh</b>	$C = P_{peak} / E_{FCbat} = 125/30 = 4.2 \Rightarrow$ Power battery needed
Fuel cell cooling system: <b>100 €/kW</b>	$E_{BEV} = E_{op} = 120 \text{ kWh (150 kWh capacity)}$
Installation and auxiliaries: <b>10,000 €</b>	
Diesel price in 2025: <b>1.9 €/litre</b>	
Green H <sub>2</sub> price in 2025: <b>8 €/kg</b>	
Green electricity price in 2025: <b>0.13 €/kWh</b>	
	<b>OUTCOMES</b>
	FCEV system cost <b>64.5 k€</b>
	BEV system cost <b>37.5 k€</b>
	Energy cost diesel vehicle <b>8.37 €/h</b>
	Energy cost H <sub>2</sub> FCEV <b>5.39 €/h</b>
	Energy cost BEV <b>1.46 €/h</b>

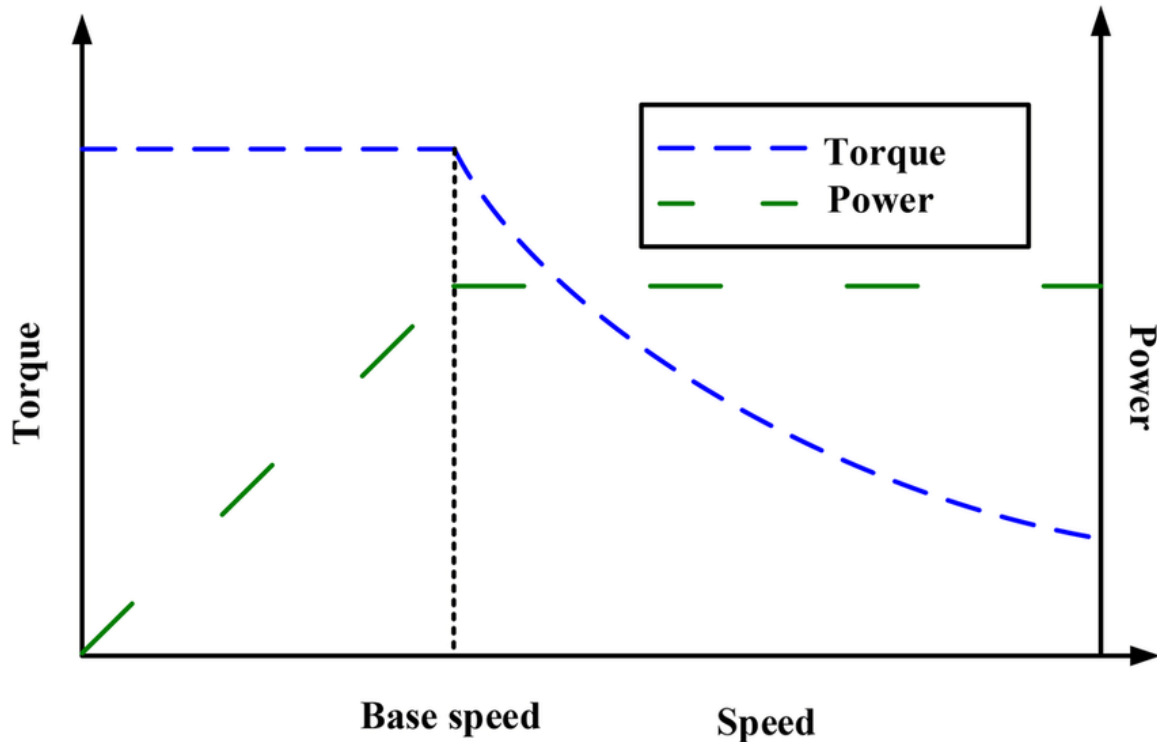
### 3.3 Täyssähkö ja eri akkutyypit

Täyssähköiset työkoneet eivät tuota enää koneen valmistuksen ja sähköntuotannon jälkeen hiilidioksidipäästöjä. Tilastokeskuksen mukaan Suomessa tuotettu sähkö tuottaa hiilidioksidipäästöjä viiden vuoden liukuvan keskiarvon mukaan 97 g CO<sub>2</sub>/kWh. (Tilastokeskus, n.d.)

Sähkötrukkien rakenne on yksinkertainen. Peruseriaate sähkötrukeissa on, että sähköä varastoidaan akuissa ja moottorinohjain syöttää moottoreille tarvittavan määrän sähköä.

Sähkötoimisten laitteiden suurimpia etuja on se, että sähkömoottori kykenee tuottamaan korkean väännön laajalla kierroslukualueella, joka vähentää tarvetta välityssuhteiden muutoksille. Kuvassa 3 näkyy tyypillinen ajoneuvokäytössä olevan sähkömoottorin vääntönopeuskäyrä.

Kuva 3 Tyypillisen sähköajoneuvon sähkömoottorin vääntönopeuskäyrä. (ResearchGate, 5.9.2018.)



Kun tarvetta ei ole välityssuhteiden muutokselle, vähentää se häviöitä voimansiirrossa. Myös kuluvia osia on vähemmän kuin polttomoottoritruckeissa. Sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat erittäin energiatehokkaita. Jos sähkökäyttöistä autoa verrataan polttomoottoriautoon energian kulutuksella, kuluttaa sähköauto lähes puolet vähemmän energiaa. VTT on antanut kylmille olosuhteille tarkoitetun kevytpolttoöljyn laskennallisen tehollisen lämpöarvon, joka on  $35.9 \text{ MJ/dm}^3$ . (Motiva, 2000) Lämpöarvo vastaa noin  $10 \text{ kWh/l}$ . Mercedesen isokokoinen sähköauto EQS SUV 450 kuluttaa valmistajan mukaan  $20,6 \text{ kWh}$  sadalla

kilometrillä. (Mercedes-Benz n.d.) Saman kokoluokan Mercedeksen GLS 400d SUV kuluttaa 8,1 l/ 100 km. (Mercedes-Benz, n.d.)

(Dieselin määrä \* energiatiheys per litra=kokonaisenergian määrä)

$$8,1 \text{ l} * 10 \text{ kWh/l} = 81 \text{ kWh}$$

81 kWh / 20,6 kWh=3,93=393 % suurempi kokonaisenergiankulutus. Eli yksinkertaisen vertailun mukaan sähköauto on dieselautoa 393 % energiatehokkaampi. Sähkökäyttöisistä työkoneista on käyttökokemuksia hyvin vähän tarjolla, joten otetaan huomioon asiat, jotka tulevat huomioida kaikissa sähkökäyttöisissä ajoneuvoissa. Sähkökäyttöisellä kalustolla tulee ottaa huomioon myös akuston ja sisätilojen lämmitys. Polttomoottorikäyttöisessä kalustossa tulee paljon hukkalämpöä, joka valjastetaan lämmittämään esimerkiksi ajoneuvon sisätiloja. Sähkökäyttöisissä ajoneuvoissa lämpö joudutaan erikseen tuottamaan, ja lämmitys voi talvella olla isossa osassa koneen energiankulutusta. Lyijyakustoilla on harvemmin erillistä lämmitysjärjestelmää.

Electric Vehicle Technology kirjasta peräisin olevia kuvia (Kuva 4 ja 5) vertailemalla nähdään, että näiden ominaisuuksien osalta lyijyakku on lähes kaikilta taulukon osa-alueilta huonompi kuin litiumakku. Kirjassa myös vertailtiin eri akkutyypin kustannuksia. Vertailuarvoksi lyijyakulle annettiin 0.5 ja vastaava litiumakulle oli 3.0. (Larminie & Lowry, 2012, s.63) Tämä on tosin jo nykyään vanhentunutta tietoa, sillä lähivuosina litiumakkujen kehitykseen on käytetty paljon resursseja, joka on johtanut akkutyypin kehittymiseen ja valmistuskustannusten pienentymiseen. Johtopäätös on tehty tekemällä haku "lithium ion" tutkimustenjulkaisijan ScienceDirect sivustolla. Vuonna 2010 on julkaistu 4000 tutkimusta aiheeseen liittyen ja 14.12.2022 mennessä on julkaistu 19910 tutkimusta. Tätä väitöstä tukee myös se, että nykyiset sähköautot ovat lähes poikkeuksetta varustettu litiumakuilla.

Kuva 4 Litiumakun ominaisuudet (Larminie & Lowry, 2012, s.52)

**Table 3.6** Nominal properties of lithium ion batteries

Specific energy	140 Wh kg <sup>-1</sup>
Energy density	250–620 Wh l <sup>-1</sup>
Specific power	300–1500 W kg <sup>-1</sup>
Nominal cell voltage	3.5 V
Amphour efficiency	Very good
Internal resistance	Very low
Commercially available	Larger LIBs have become the standard battery for electric road vehicles
Operating temperature	Ambient
Self-discharge	Very low, ~10% per month
Number of life cycles	>1000
Recharge time	2–3 h, but can be charged to 80% of their capacity in under 1 h

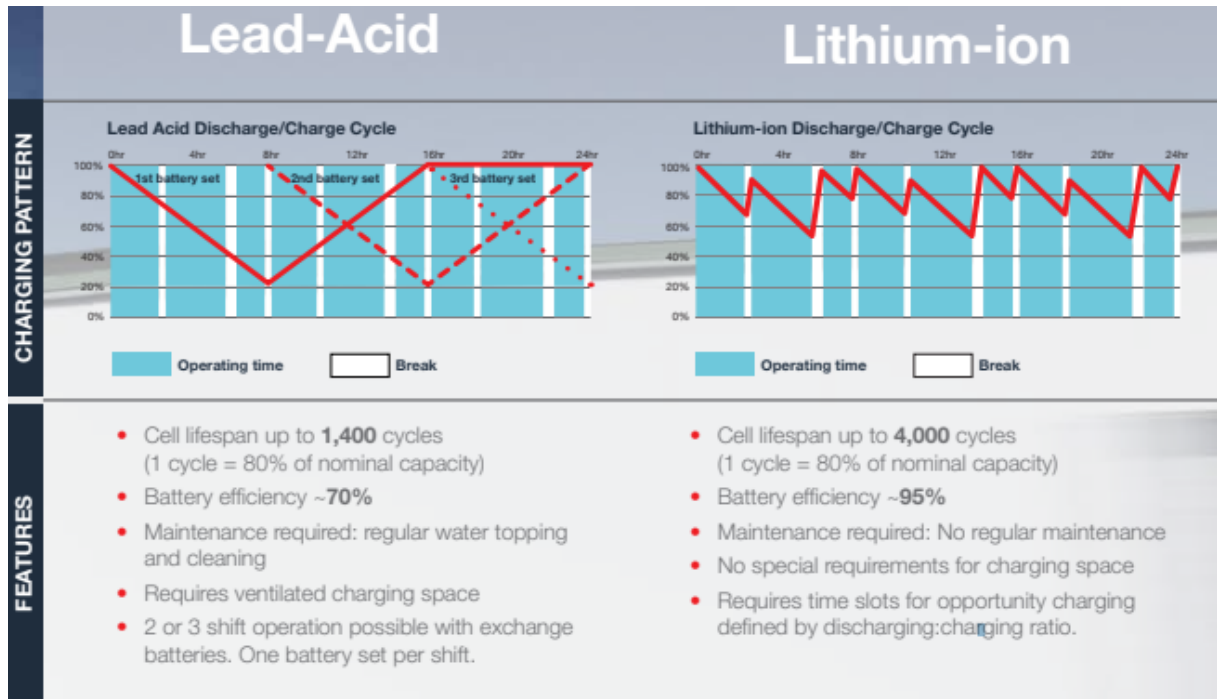
Kuva 5 Lyijyakun ominaisuudet (Larminie & Lowry, 2012, s.37)

**Table 3.1** Nominal battery parameters for **lead** acid batteries

Specific energy	20–35 Wh kg <sup>-1</sup> depending on usage
Energy density	54–95 Wh l <sup>-1</sup>
Specific power	~250 W kg <sup>-1</sup> before efficiency falls very greatly
Nominal cell voltage	2 V
Amphour efficiency	~80%, varies with rate of discharge and temperature
Internal resistance	Extremely low, ~0.022 Ω per cell for 1 Ah cell
Commercially available	Readily available from several manufacturers
Operating temperature	Ambient, poor performance in extreme cold
Self discharge	~2% per day (but see text)
Number of life cycles	Up to 800 to 80% capacity
Recharge time	8 h (but 90% recharge in 1 h possible)

Lyijy- ja litiumakut ovat yleisimpiä akkutyyppejä, mutta myös litium-rautafosfaattiakkuja on valjastettu työkonekäyttöön. Sähkötoimisten työkoneiden ongelmakohtia ovat muun muassa sähkön säilytys riittävän isossa mittakaavassa, akuston paino ja koko, latausajat, litiumakkujen kierrätys. Kuvassa 7 on verrattu Kalmarin 9–18 tonnin sähkötrukkien akkuvaihtoehtoja. Kuvasta näkyy kuinka erityyppisiä Kalmarin lyijy- ja litiumakut ovat.

Kuva 6 Kalmarin akkuteknologiat (Kalmar, n.d. Electric medium forklift)






Sähkötrukkien myyjä The Lilly Company on vertaillut lyijyakkuja ja litiumakkuja keskenään. Tärkeimmät kohdat ovat seuraavat: litiumakkujen lataus kuluttaa huomattavasti vähemmän energiaa. Litiumakut eivät vaadi vesitystä. Litiumakkujen käyttöikä on pidempi kuin lyijyakkujen. Lyijyakut ovat 3–4 kertaa halvempia kuin litiumakut (The Lilly Company, n.d.).



Kuvassa 7 Hyster on sähkötrukkiensa esitteessä antanut esimerkkitilanteita ja kuinka suuren akun kyseinen tilanne tarvitsee. Hyster-trukkeihin on valittavissa yhdestä neljään 192 kWh, 358V akkua.

Kuva 7 Hyster akkukoon valinta. Yhden akun koko on 192 kWh. (Hyster, n.d. J10-18XD esite)

UNLOADING A TRAIN	MOVING LOADS TO FEED A PROCESS	HEAVY LOADING CONTINUOUSLY
<p>A train arrives daily once a day with a load of steel bars up to 15t for further processing. It requires the truck to work intensely for 2.5 hours.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Up to 15t of load</li> <li>■ Fuel consumption 6 litre per hour</li> <li>■ Operational for 2.5 hours per day</li> </ul>	<p>A factory is loading concrete molds up to 16t from one room to another.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Up to 16t of load</li> <li>■ Fuel consumption 6 litre per hour</li> <li>■ Operational for 6 – 8 hours per day</li> </ul>	<p>A manufacturer and distributor of wood-based panels up to 14t uses the trucks to transport goods around the factories throughout the day, continuously.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Up to 14t of load</li> <li>■ Fuel consumption 8 litre per hour</li> <li>■ Operational for 10 –15 hours/day</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 out of 3 battery packs needed</li> <li>■ Small charger needed</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2 out of 4 battery packs needed</li> <li>■ Opportunity charging during breaks</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2 out of 3 battery packs needed</li> <li>■ Opportunity charging during breaks and shift change</li> </ul>

Kalmar kertoo heidän lyijyakkujensa energiatehokkuuden olevan noin 70 % kun taas heidän litiumakkunsa energiatehokkuus on noin 95 %. Kalmar lupaa heidän litiumakkujensa kestävän 4000 kertaa 80 % lataussyklin ja lyijyakkujen luvattu kestävyys on 1400 kertaa 80 % lataussyklin. Lyijyakut tulee ladata hyvin tuuletetussa tilassa. Kalmarin ECG90-180 sarjassa on valittavissa lyijy- ja litiumakku. Lyijyakku voidaan myös jälkikäteen päivittää litiumakustoon. (Kalmar, n.d. C)

Lyijyakun latauksesta tulee huomattava määrä hukkalämpöä alhaisen energiatehokkuuden vuoksi. Akun energiatehokkuus = akusta saatava energianmäärä suhteessa akun lataukseen käytettyyn energianmäärään. Teoriassa ja yksinkertaistettuna 250 kWh lyijyakuston

latauksesta tyhjästä täyteen syntyy 107 kWh edestä lämpöä. (Lataukseen kuluva energian määrä \* tehokkuus = akuston kapasiteetti.)

$$X \cdot 0.7 = 250 \text{ kWh} \quad X = 357 \text{ kWh}$$

$$357 \text{ kWh} - 250 \text{ kWh} = 107 \text{ kWh}$$

Latausprosessista tulee enemmän häviöitä, kun vain itse akusta syntyvät häviöt. Akkutyypin energianvastaanottokyvyn lisäksi syntyy lataushäviötä. Keskimäärin lataushäviö on 10 %. Häviöitä syntyy esimerkiksi kaikista liitoksista, laturinkaapelista, koneen sisäisistä kaapeloinneista ja niin edelleen. (Laturille, 2.4.2020) Kuvassa 8 Kalmarin 18–33 t litiumakuilla varustettujen sähkötrukkien suuntaa antavat akkujen käyttöajat.

Kuva 8 Kalmar 18–33 t litiumakkujen toiminta-aika. (Kalmar, Electric heavy forklift)

PRELIMINARY OPERATIONAL HOURS		ECG180-220		ECG250			ECG280-330	
		 163 kWh	 245 kWh	 163 kWh	 245 kWh	 392 kWh	 245 kWh	 392 kWh
DRIVE CYCLE	Light	5	7.5	4.5	7	11	6	9.5
	Medium	4	6.5	4	6	9.5	5.25	8.5
	Heavy	3.75	5.75	3.5	5.25	8.25	4.5	7.25

*Three battery sizes to choose from.*

Kuvissa 9 ja 10 kuvattuna Kalmarin sähkö- ja dieseltrukit. Kalmarin 16T sähkötrukin hytistä näkyväisyys taaksepäin on heikompi, verrattuna Kalmarin 14T diesel trukkiin. Usein trukkeihin on saatavilla kamerat, jotka kuvaavat katvealueet. (Kalmar, n.d. C)

Kuva 9 Kalmar 16T sähkötrukki lyijyakustolla. (Kalmar, n.d. Electric medium forklift)



Kuva 10 Kalmar 14T dieseltrukki. (Kalmar, n.d. 9-18tn trukit)



## 4 Yhteenveto fossiilivapaista käyttövoimista

Uusiutuva diesel on helppoiten saatavilla oleva vaihtoehto ja yksi edullisimmista tavoista saavuttaa fossiilivapaus sisäisessä kalalogistiikassa. Huonoa uusiutuvassa dieselissä on se, että lähipäästöt pysyvät lähes samalla tasolla kuin käyttämällä fossiilista dieseliä.

Vetypolttokennoteknologiaa on heikosti saatavilla tällä hetkellä ja se on erittäin kallista. Hyvää teknologiassa on se, että pystytään työskentelemään jatkuvatoimisesti lyhyillä tankkaustauoilla, kuten dieselyökoneilla. Lähipäästöjä teknologiasta ei tule, jos polttoaineena käytetään vetyä.

Sähkökäyttöiset ajoneuvot lyijyakulla ovat huomattavasti halvempia verrattuna litiumakulla varustettuihin. Lyijyakku kuluu käytössä nopeammin kuin litiumakku, eli sen kapasiteetti heikkenee nopeammin kuin litiumakuston. Lyijyakulla on lähes 3 kertaa lyhyempi käyttöikä. 3.1.3 luvussa kerrottiin Kalmarin arvioivan lyijyakkujen iäksi 1400 sykliin asti, kun taas litiumakku voi kestää 4000 sykliin asti. Kylmässä lämpötilassa lyijyakut eivät kykene luovuttamaan energiaa yhtä tehokkaasti kuin litiumakut.

Vetypolttokennoteknologia ei tällä hetkellä ole järkevä vaihtoehto. Ongelmaksi tulee tekniikan hinta ja korkeat käyttökustannukset. Tämän perusteella biodiesel ja sähkö jäävät varteenotettaviksi vaihtoehdoiksi.

## 5 Sähköistämisen vaatimat infrastruktuurin muutokset

Sähkötrukkia hankittaessa tulee ottaa huomioon kiinteistön sähköliitännät ja niiden riittävyys. Esimerkiksi Hyster J18-XD9 trukissa tehokkain litiumakku laturi on 400V, 3-vaihe 90kW teholla. (Hyster, n.d.)

Lyijyakkujen latauksessa tulee huomioida kennojen riittävä tuuletus latauksen aikana. Lyijyakuista muodostuu vetyä ja happea sisältäviä kaasuja, jotka ovat räjähdysherkkiä. Kaasujen lisäksi 3.1.3 otsikon alla laskettiin lyijyakun latauksesta syntyvä hukkalämmön määrä. 250 kWh esimerkki akun tapauksessa lämpöä syntyy 107 kWh edestä, joten lataus on suoritettava hyvin tuuletetussa tilassa. Litiumakkujen latauksesta ei näin paljoa lämpöä synny, sillä energiatehokkuus on noin 95 % (lyijyakku 70 %). Litiumakkulatureilla ei ole

erillisiä vaatimuksia latauspaikalle, sähkö- ja paloturvallisuusvaatimusten lisäksi. (Kalmar, n.d. C) Haastattelut otsikon alla on sähköasiantuntijan kommentteja latureista ja niiden paikoituksesta leikkaus ja lähetysalueelle.

## **6 Vety-polttokennoteknologian mahdollisuudet Hämeenlinnan tehtaalla**

SSAB Hämeenlinnassa on hyvät mahdollisuudet ottaa vety työkoneiden energianlähteeksi. SSAB:n tehtaalla yhteydessä on Oy Linde Gas Ab:n (ent. AGA) vetytehdas. Vetyä käytetään SSAB:n tuotantoprosesseissa muun muassa teräskelojen hehkutuksessa, sekä sinkityksessä. Tässä tutkimuksessa ei selvitetä Oy Linde Gas Ab:n tehtaalla kapasiteettia tuottaa vetyä SSAB:n liikkuvan kalustonkäyttöön.

Ympäristöluvan mukaan Oy Linde Gas Ab:n vetytehdas valmistaa vetyä maakaasusta ja vedestä tai nesteytetystä propaanista. (Ympäristölupa, 30.11.2007) Joten saatavilla oleva vety ei ole toistaiseksi fossiilivapaata pidemmälle tarkasteltuna.

## **7 Käyttövoimien tulevaisuus**

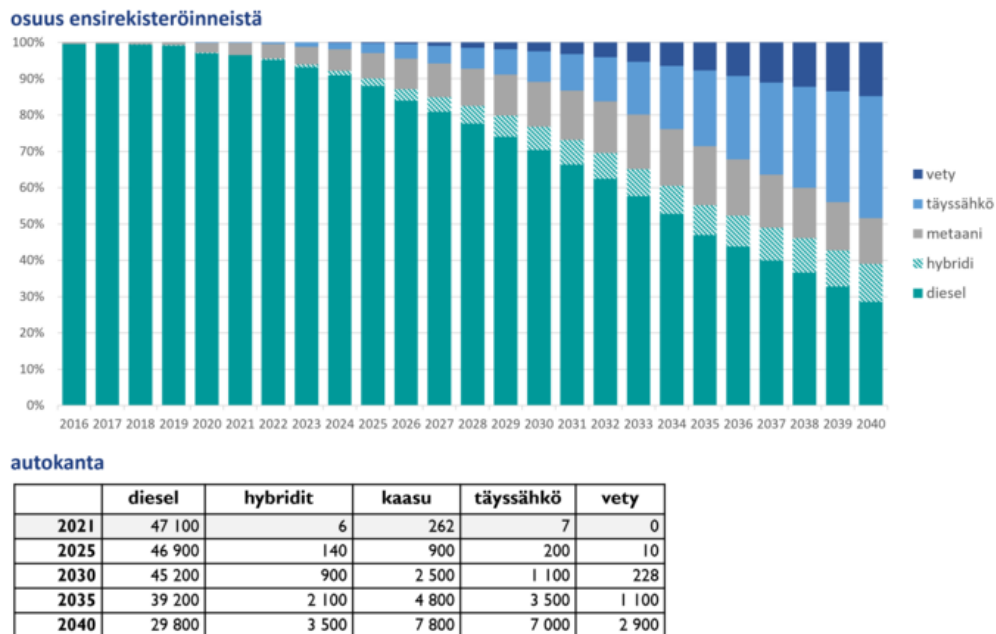
Tällä hetkellä näyttää, että tulevaisuudessa nähdään sähkökäyttöisiä työkoneita yhä enemmän. Vedystä uutisoidaan jatkuvasti, joten voidaan tulkita, että vety nähdään edelleen oleellisena osana vihreää siirtymää. Vedyn osalta kuitenkin valmistajien tarjonnan perusteella on hiljaista ja polttokennotrukkien tarjonta on vähäistä. Biopolttoaineiden odotetaan olevan välivaihe siirtymisessä fossiilisista polttoaineista kokonaan lähipäästöttömiin.

Kalmarin vetypolttokennoteknologiaselvityksen raportissa odotetaan muutaman vuoden sisään 50–100 MW elektrolyysilaitteistojen hintojen laskemista ja vetyinfrastruktuurin laajenemista, mikä lisää mahdollisuuksia vetypolttokennoteknologialle. Kauemmassa tulevaisuudessa Kalmar odottaa vedyn olevan isossa roolissa tulevaisuuden energiamuodoissa. Vaikka polttokennot eivät tuo tällä hetkellä suuria etuja raskaan konttikäsittelylaitteiston energialähteenä, tulevaisuuden vetyteknologiat voivat tuoda (Kalmar, 21.11.2022).



Työkoneiden sähköistämisestä ennusteita ei löydy. Lähimpänä työkoneita on yli 16 t kuorma-autot. Työkoneet saattavat kuitenkin olla helpommin sähköistettävissä, kuin kuorma-autot, mitkä ajavat useita satoja kilometrejä päivässä. Työkoneet työskentelevät usein yhdellä pisteellä esimerkiksi 100 m x 100 m alueella. Autoalan tiedotuskeskus ennustaa, että sähkö tulee yleistymään yli 16 t kuorma-autojen käyttövoimana. Ennusteen mukaan selkeää valtausta ei tule tapahtumaan, kuten kuvasta 11 näkyy. (Autoalan tiedotuskeskus, 17.02.2022)

Kuva 21 Käyttövoimien osuus ensirekisteröinneistä yli 16 t kuorma-autoilla. (Autoalan tiedotuskeskus, 17.2.2022)



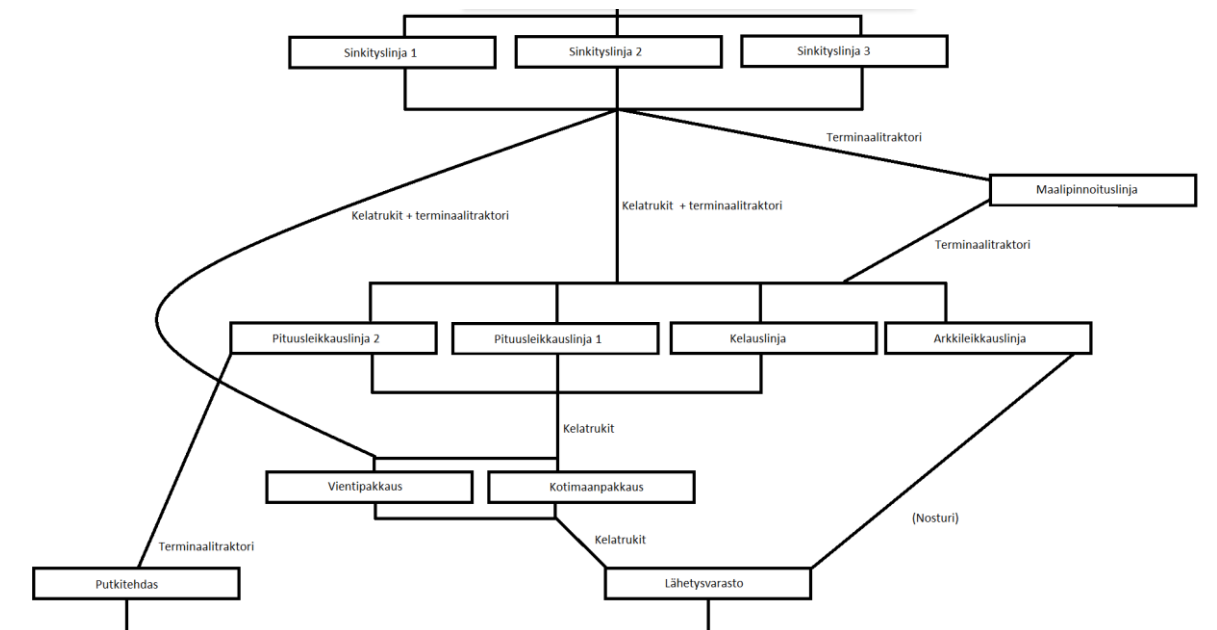
Autoalan käyttövoimaennuste vuosille 2022-2040

## 8 Sisäisen kelalogistiikan nykytilanne

Alueella on paljon liikkuvaa kalustoa, jotka ovat elinkaarensa eri vaiheissa. Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan kelalogistiikka fossiilivapaaksi seitsemän vuoden aikataululla. Noin vuonna 2030 SSAB:n suunnitelman mukaisesti SSAB on neutralisoinut suurimmaksi osaksi omasta toiminnastaan johtuvat hiilidioksidipäästöt. (SSAB, n.d. E.) Alueelta löytyy entuudestaan kaksi sähköllä toimivaa haarukkatrukkia (3tn ja 1,5tn). Nykyinen kalusto toimii dieselillä pois lukien aikaisemmin mainitut sähkötrukkit. Trukit soveltuvat hyvin kyseiseen tehtäväpaikkaansa. Trukkien käyttövoiman osalta ongelmia ei ole ollut.

Kuvassa 12 on yksinkertaistettuna tehtaan kelalogistiikka, joihin liittyy terminaalitraktorilla ja kelatrukeilla tehtävät kelasiirrot. Kelatrukeilla ja terminaalitraktoreilla tehtävien siirtojen lisäksi siirroissa käytetään myös automaattitrukkeja ja siltanostureita, mutta kuvaan niitä ei ole otettu mukaan, koska ne eivät liity suoraan työhön ja kaavio täyttyisi epäolennaisella tiedolla.

Kuva 12 Yksinkertainen kaavio alueen sisäisistä kelasiirroista.



Kelalogistiikka on tällä hetkellä, nykyisellä kokoonpanolla riittävä. On erityisen tärkeää, että kapasiteetti ei kärsi tämän opinnäytetyön suunnitelman mukaisena. Trukkien ja terminaalitraktoreiden käyttövoima ei saa vaikuttaa negatiivisesti tehtaan materiaalivirtaan. Tärkeää on myös se, että kalustoa on varalla. Kelatrukkeja huolletaan 500 tunnin välein, sekä kalusto voi vikaantua, joiden takia työkone voi olla useita viikkoja pois käytöstä. Kelatrukit uusitaan karkeasti 30 000 tunnin välein. Alueen koneiden käyttöikä on määritelty kokemusten perusteella ja on suuntaa antava. Koneiden uusiminen kuitenkin tapahtuu konekohtaisesti. Kone uusitaan, jos on tarve.

Nykyisellään kapasiteettia saadaan tarvittaessa enemmän käyttöön, jos henkilöstöä siirretään muista tehtävistä käyttämään varakalustoa. Koneita uusittaessa tulee ottaa huomioon muun muassa koneiden kääntösäde, sillä osalla trukeista ajetaan paikoissa, joissa ei ole ylimääräistä tilaa nykyisillä trukeilla. Käytössä on myös trukkeja, jotka ovat

”ylimitoitettuja” tehtäväänsä, joten suunnitelmassa on pelivaraa osan trukkien koon suhteen.

Seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi työn piiriin valikoitu kalusto. Otsikot ovat annettu muodossa: merkki, nostokyky, malli, laitenumero ja toimintapaikka. Koneiden nostokyky on tärkeä ominaisuus valittaessa uusia trukkeja. Tehtaan eri toimipisteillä on eri painoisia kuormia ja trukin koko määritetään suurimman työtehtävässä käsiteltävän kuorman mukaan.

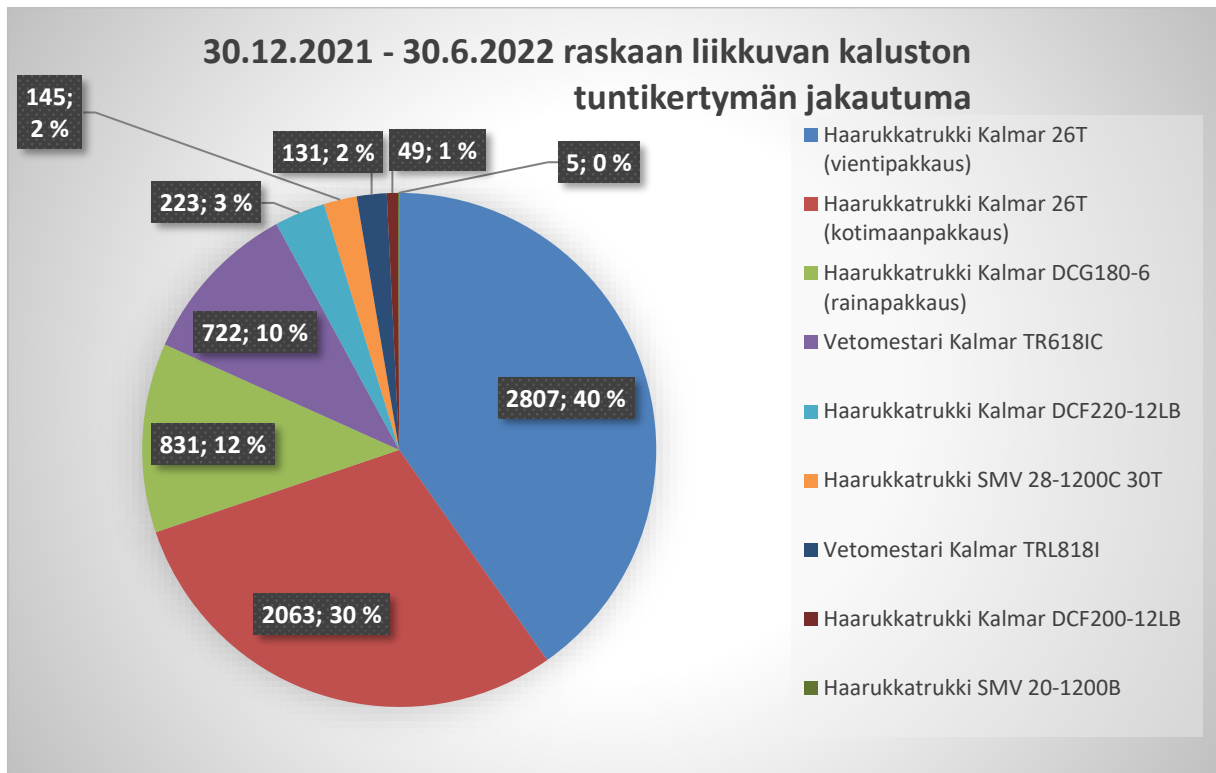
Koneiden tunnit päivässä on laskettu 30.12.2021-30.06.2022 välisen ajan tuntikertymä jaettuna todellisella päivien määrällä (182 päivää.) Kaluston tunnit ovat kerätty siksi, että saadaan luotua pohja uusimissuunnitelmille. HVO100 valmius on tarkastettu Kalmarin kaluston osalta Kalmarin sivuilta listasta, jossa lueteltu HVO100 yhteensopivat työkoneet.

Kotimaan- ja vientipakkauksen trukeille tulee runsaasti joutokäyntitunteja tehtävien luonteista johtuen. Kaaviosta 14 näkee, että suurimmat käyttötuntikertymät keskittyvät vientitrukille ja kotimaantrukille. Tuntikertymät 2022 tammikuu-kesäkuu aikaväliltä ei välttämättä kuvasta täysin koneiden normaalia tuntikertymää. Tehtaan terästuotantoon vaikutti esimerkiksi Venäjän aloittama hyökkäyssota Ukrainassa, sekä komponenttipula. Kaavio 13 kuvaa tuntikertymän jakaumaa syyskuun lopusta joulukuun loppuun. Kaavioita 13 ja 14 verrattaessa nähdään, että koneiden käytössä ei ole tapahtunut huomattavaa prosentuaalista muutosta. Kuvaajia verrattaessa suurin ero on tapahtunut DCF200-12LB trukin käytössä, joka on korvannut vientipakkaus- ja kotimaanpakkauspuolelta trukkeja muun muassa huoltojen ajan.

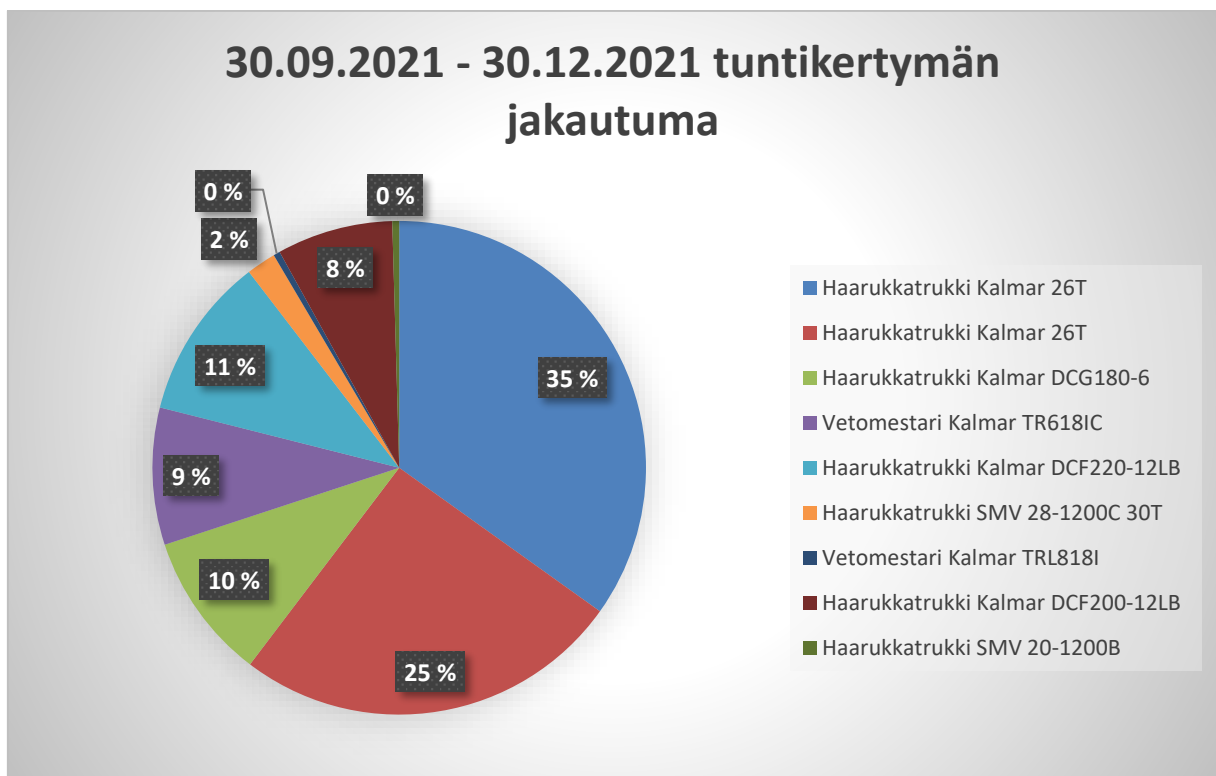
Liikkuvan kaluston nykytilanteen arviointi toimii pohjana, jonka perusteella uusimissuunnitelmat tehdään. Lisäksi arvioinnilla saadaan selville käytössä olevan kaluston käyttöasteet. Pelkästään tunteihin perustuvaa uusimissuunnitelmaa ei pystytä tekemään, sillä tunnit eivät täyty kaikkien koneiden osalta. Jos tunnit eivät täyty uusimiset tehdään kaluston vuosimallin perusteella, vanhimmasta uusimpaan.



Kuva 13 Yli 3 t liikkuvan kaluston tuntikertymän jakautuma 30.12.2021-30.06.2022



Kuva 14 Yli 3 t liikkuvan kaluston tuntikertymän jakautuma 30.09.2021 - 30.12.2021



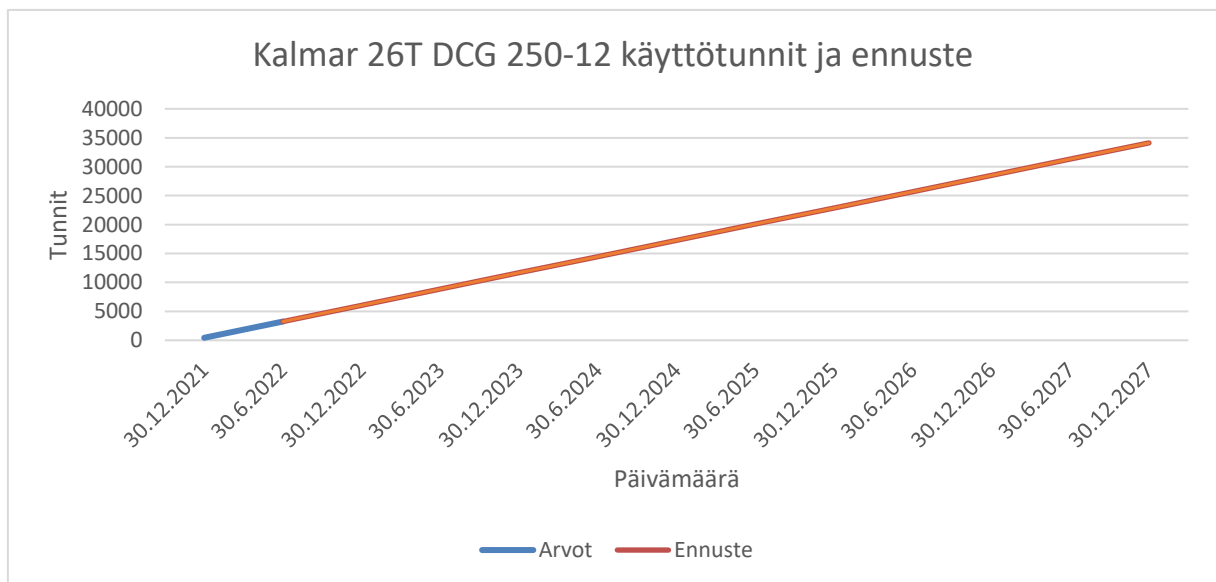
## 8.1 Kalmar 26T DCG 250–12, 66291, vientipakkaus

Trukki kuljettaa ympäri vuorokauden teräskeloja tuotantolinjoilta pakkausasteille ja varastoon, tuotantolinjojen tuotantotilanteen mukaan. Trukilla ajetaan pääsääntöisesti sisällä. Trukin pääasiallinen liikkuminen tapahtuu noin 100 m x 100 m alueella ja kuljettaa teräskeloja ja romuja, joiden paino vaihtelee karkeasti 100 kg – 20 000 kg välillä. 2022 kesäkuun loppuun mennessä trukilla oli 3238 ajotuntia. Vuosimalli 2021. Trukin moottorityyppi on TAD-881-VE. Trukissa on HVO100 valmius. (Kalmar, n.d. B)

Kyseinen trukki on suhteellisen uusi hankinta. Kuvaajassa 15 on luotu kuvaaja, sekä ennuste kahden tuntitarkastuksen perusteella. Luotettavan ennusteen laskemiseksi tarvitaan enemmän, kuin kaksi tuntitarkastusta. Laskelmat perustuvat 30.12.2021 ja 30.6.2022 tehtyihin tuntitarkastuksiin. Tämän perusteella trukille kertyy noin 5614 tuntia vuodessa. Joka tekee keskimäärin noin 15,5 tuntia päivässä.

$$(h_2 - h_1) * 2 = (3238 \text{ h} - 431 \text{ h}) * 2 = 5614 \text{ h/a}$$

Kuva 15 Vientipakkauksen trukin tunnit ja ennuste

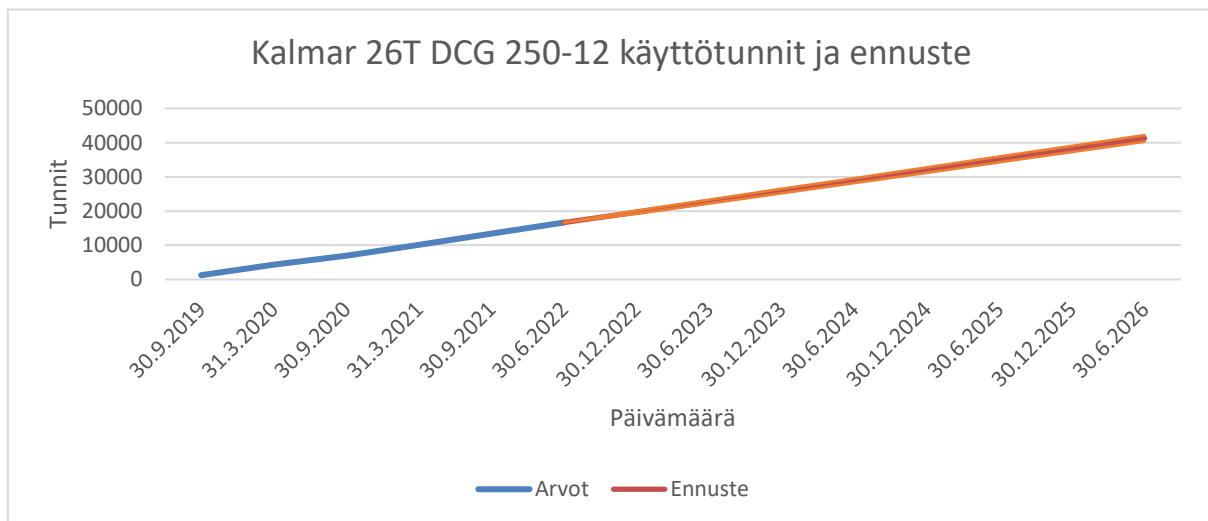


## 8.2 Kalmar 26T DCG 250–12, 66277, kotimaanpakkaus

Trukin ajot vastaavat vientitrukin ajoja, mutta trukilla ajetaan päivittäin 06-22 aikavälillä. 30.6.2022 trukilla oli ajettu 16652 tuntia. Vuosimalli 2019. Trukin moottorityyppi on TAD-871-VE. Trukissa on HVO100 valmius. (Kalmar, n.d. B.)

Trukkiin kertyy keskimäärin noin 11,5 tuntia päivässä. Kuvassa 16 trukille kertyneet tunnit ja niiden pohjalta ennuste tulevaisuudessa kertyvistä tunneista. Jos trukin ajot säilyvät nykyisellään, tulisi 30 000 tuntia täyteen kesäkuun jälkeen vuonna 2024.

Kuva 16 Kotimaanpakkauksen trukin tunnit ja ennuste perustuen kertyneisiin tunteihin.

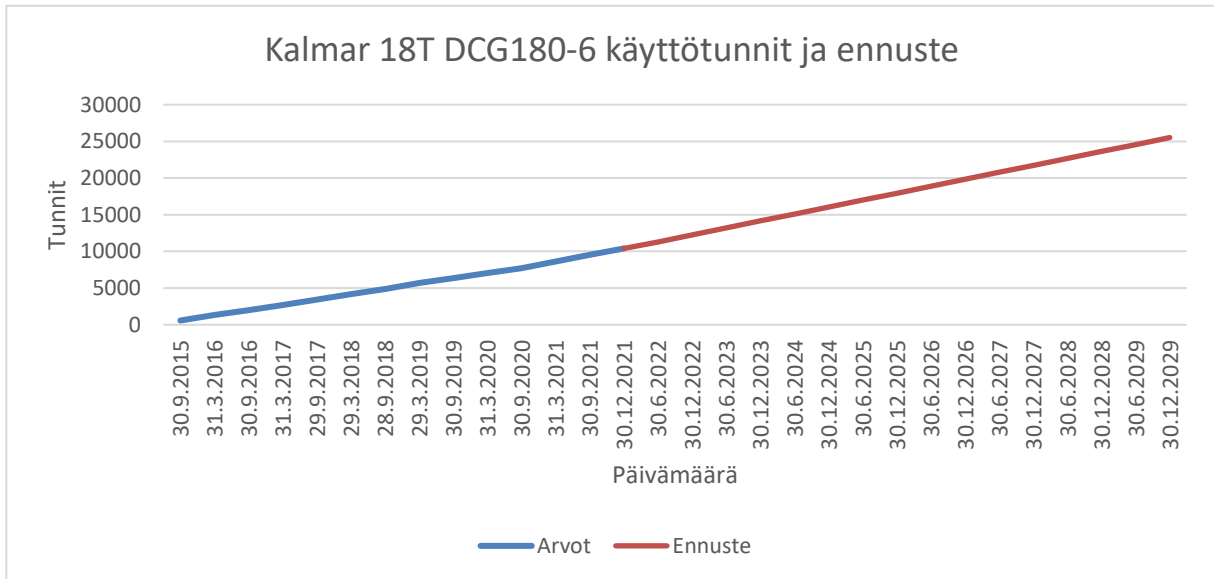


## 8.3 Kalmar 18T DCG180-6, 66268, rainapakkaukselinja

Trukilla ajetaan päivävuorossa. Trukilla lastataan teräskeloja rekkoihin, tyhjennetään rainapakkaukselinjaa ja tehdään satunnaisia keikkoja ympäri tehdasta. Kelojen lastaus tapahtuu taivasalla. Rainapakkaukselinjan trukki on ylimitoitettu nostokapasiteetin osalta. Sitä voidaan pienentää tarvittaessa. Tunnit: 10818. Vuosimalli 2015. Trukin moottorityyppi on Cummins QSB6,7. Trukissa on HVO100 valmius. (Kalmar, n.d. B.)

Rainapakkauksen trukin tuntimittariin tulee päivittäin keskimäärin noin 4,6 tuntia. Kuvaajan 17 ennusteen mukaan rainapakkauksen trukilla ei saada 30 000 tuntia kerrytettyä tämän opinnäytetyön tarkasteluvälillä. Trukki kuitenkin uusitaan opinnäytetyössä, sillä iän puolesta trukki rupeaa olemaan vaihtokunnossa.

Kuva 37 Rainapakkauksen trukin tunnit ja ennuste.



#### 8.4 SMV 30T 28-1200C, 66272, kelalähetys

Trukki on ajossa 06-22 välillä. Trukilla tyhjennetään muun muassa sinkityslinjojen romukippoja ja tehdään muita satunnaisia tuotantoa ja lähetystä tukevia toimintoja. Tarvittaessa trukilla tyhjennetään Raahesta saapuvien junien kuumakelakuormia ulkovarastoon. Tyhjennys kestää noin kaksi tuntia ja kelan nostoja tulee useita kymmeniä. Tunnit: 1472. Vuosimalli 2018.

Trukille tulee noin 300 tuntia vuodessa, joka tekee alle tunnin päivässä käyntiaikaa. Tuntien perusteella lähetyksen trukkia ei tulla uusimaan.  $30000 \text{ h} / 300 \text{ h/a} = 100$  vuotta. Trukin käyttö on jäänyt oletettua pienemmäksi ja se jää satunnaiseen käyttöön. Trukkia ei uusita opinnäytetyössä. Tulevaisuudessa trukin HVO100 valmius voidaan selvittää ja trukki voidaan muuttaa käyttämään HVO polttoainetta. Konecranes ei vastannut HVO100 yhteensopivuutta koskeviin yhteydenottoihin.

#### 8.5 Kalmar TR618IC, 66282, kela- ja rainasiirrot

Terminaalitraktorilla ajetaan 06-22 päivittäin. Päivä koostuu kelojen ja rainataakkojen kuljettamisesta eri paikkoihin. Terminaalitraktorin ajot vaihtelevat kelojen ja rainataakkojen kuljetustarpeitten mukaan. Käyttöaste vaihtelee tuotantotilanteen mukaisesti. Ajoalue on noin 500 m x 500 m. 30.6.2022 vetomestarilla oli tunteja mittarissa 2356. Vuosimalli 2021.

Moottorityyppi on Cummins B-6,7 Stage 5. Terminaalitraktorissa on HVO100 valmius. (Kalmar, n.d. B.) Tunteja kertyy noin 1500 vuodessa, joka tekee keskimäärin 4,1 tuntia päivässä. Vetomestaria ei tulla myöskään uusimaan tuntien perusteella. 30 000 h/ 1500 h/a = 20vuotta.

## 8.6 Varakoneet

Varakoneet ovat vain satunnaisesti käytössä muun muassa huoltojen aikana. Varakoneita ei uusita tässä opinnäytetyössä. Varakoneet ovat olleet jossakin pisteessä päivittäisessä käytössä, kunnes tilalle on ostettu uusi kone ja vanhat jääneet varakoneiksi. Opinnäytetyössä ei arvioida, eikä suunnitella varakoneiden tai tulevien varakoneiden hävittämistä, myymistä tai vaihtamista.

Kalmar 24T DCF220-12LB, 66265, ”24T kelatrukki, varakone”. Vuosimalli 2013. Tunteja kertyy vuodessa noin 440.

Kalmar 20T DCF200-12LB, 66264, ”20T kelatrukki, varakone”. Vuosimalli 2012. Tunteja kertyy vuodessa noin 100.

SMV 20T 20-1200B, 66241, ”20T kelatrukki, varakone”. Vuosimalli 2011. Tunteja kertyy vuodessa noin 10.

Kalmar TRL818I, 66281, ”vetomestari varakone”. Vuosimalli 2014. Ei päivittäisessä käytössä. Otetaan käyttöön toisen terminaalitraktorin huoltojen ajaksi, tai jos tarvitaan lisäkapasiteettia kelojen kuljetuksiin. Ajoprofiili vastaa täysin Kalmar TR618IC ajoprofiilia, kun varavetomestari on käytössä. Tunteja vuodessa kertyy noin 260. Moottorintyyppi SISU 7,4 AWI. Ei suoraan HVO100 yhteensopiva. (Kalmar, n.d. B.)

## 9 Suunnitelman käyttövoiman valitseminen

Eri käyttövoimien selvityksiä vertaillen tultiin johtopäätökseen, että kalusto halutaan sähköistää. Luvussa 3.1.3 käsiteltiin sähkökoneita, ja sähkö on tällä hetkellä paras vaihtoehto muun muassa näiden tekijöiden johdosta: sähkökäyttöiset koneet ovat erittäin energiatehokkaita. Sähkömoottori kykenee tuottamaan maksimiväännön koko kierrosalueen

läpi, joten tarve välityssuhteiden muutoksille on vähäinen. Tämä taas mahdollistaa yksinkertaisemman voimansiirron, joka vaikuttaa suoraan muun muassa huoltokustannuksiin. Suomalainen sähkö on puhdasta. Yhden kilowattitunnin tuottaminen suomessa päästää ilmastoon keskimäärin 97 g hiilidioksidia.

Suunnitelmissa oletetaan, että isompia vikoja ei ilmaannu ennen 30 000 tuntia, joka vaatisi koneen uusimisen aikaistamista. Kaikilla koneilla tuntiperusteinen uusimisväli ei tule täyteen opinnäytetyön aikavälillä. Jos tunnit eivät täyty uusimiset tehdään kaluston vuosimallin perusteella, vanhimmasta uusimpaan.

## **10 Saatavilla olevat sähkötrukit**

Suunnitelmassa halutaan uusia kolme kelatrukkia. 9. luvussa tehtiin päätös, että koneet halutaan sähköistää. Uusittavat trukit ovat 18, 26 ja 26 t nostokyvyillä varustettuja. Pieniä sähkötrukkeja on runsaasti tarjolla eri valmistajilta. Suurempia yli 10 t sähkötrukkeja Suomessa myy esimerkiksi Sigmatrukit ja Kalmar. Kalmar tarjoaa sähkötrukkeja 5–33 tonnin nostokyvyillä. Akkutyyppit ovat lyijy ja litium. Esimerkiksi malli ECG160-60 16 tonnin nostokyvyillä, on saatavilla 173 kWh litiumakulla tai 248 kWh lyijyakulla. (Kalmar, n.d. C) ECG250-12 25 tonnin nostokyvyillä omaava trukki on saatavilla 163 kWh, 245 kWh ja 392 kWh litiumakuilla. (Kalmar, n.d. D)

Hyster trukkien valmistajalla, jota myy Suomessa Sigmatrukit on tarjolla 10,5–18 t sähkötrukkeja. Hysterin kaikki sähkötrukit toimivat litiumakuilla. Hysterin trukkien litiumakut ovat kooltaan 192 kWh:sta 768 kWh:n. Hyster kertoo, että 11 min latauksella trukeilla pystyisi työskentelemään tunnin. (Hyster, n.d.)

## **11 Saatavilla olevat sähköterminaalitruktorit**

Sähköisiä terminaalitruktoreita valmistaa esimerkiksi Terberg, MAFI ja Kalmar. Terberg kertoo heidän YT203EV sähköisen terminaalitruktorin akkukapasiteettien olevan enimmillään 222 kWh. (Terberg, n.d.) Akkutyyppiä ei mainittu Terberg YT203e tuotesivulla, mutta terminaalitruktoreiden rajatun koon vuoksi voidaan olettaa käytössä olevan litiumakku. Sallittu kokonaispaino 65–105 t. (Terberg, n.d.) Terbergin terminaalitruktoreita

Suomessa myy Sigmatrukit. MAFI:n sähköisestä terminaalityrakkorista, mallista T230e löytyy 177 kWh litiumakku. (MAFI, n.d.) Sallittu kokonaispaino 90 t asti. (MAFI, n.d.) MAFI:n terminaalityrakkoreita myy suomessa Öhman trukit. Kalmar Suomen sivuilta ei löydy sähköisiä terminaalityrakkoreita, mutta Kalmar global sivulta löytyy esite Kalmar OTTAWA T2E+ terminaalityrakkorille. Akun kapasiteetti on 152- 184 kWh ja T2E+:ssa on litiumakku. (Kalmar, n.d. E) Maksimi kokonaispaino on 90 t. (Kalmar, n.d. E)

## 12 Tehtaan henkilökunnan haastattelut

Haastatteluiden tavoitteena oli saada tietoa sähkötrukkien hankintaprosessista, latureiden asentamisen ja paikoittamisen vaatimuksista, sekä uusiutuvan dieselin tankkausaseman perustamisesta. Opinnäytetyössä haastateltiin useita henkilöitä sähköpostin, Microsoft Teamsin välityksellä ja puhelimitse. 50 % haastatelluista henkilöistä vastasi kysymyksiin tai haastattelupyyntöihin. Tässä opinnäytetyössä haastatteluiden henkilötiedot ovat pidetty anonyyminä.

Haastatteluun vastanneilta kysyttiin muun muassa uusiutuvan dieselin tankkausasteen ympäristövaatimuksia tehdasalueella. Osa haastatelluista oli myös tutkinut uusiutuvien polttoaineiden saatavuutta Nesteeltä ja olivat saaneet käsityksen, että Nesteellä ei olla halukkaita toimittamaan pieniä määriä Neste My Dieseliä. Haastatteluissa kävi ilmi, että opinnäytetyön kirjoittamishetkellä toimitusajat sähkökäyttöisillä trukeilla on erittäin pitkät. Toimitukset voivat venyä peräti vuoden päähän tilauksesta. Sähkökäyttöisistä trukeista kommentointiin myös, että osan valmistajien litiumakustoilla on myös jäähtymisaika pitkän latauksen jälkeen.

Haastateltu oli pyytänyt tarjouspyyntöjä eri toimittajilta. Osassa trukeista sähköisten versioiden hinnat nousivat jopa 2.5–3 kertaiksi verrattuna polttomoottorivaihtoehtoihin. Sähkökäyttöisten trukkien hankinnasta nousi esille epävarmuutta niiden käyttöajoista. Tällä hetkellä käyttöaikojen ennustaminen on vielä hankalaa, sillä sähkökäyttöiset työkoneet ovat vielä suhteellisen uusi asia markkinoilla, varsinkin isompi kalusto. Lisäksi trukkien käyttö on usein erilaista eri kohteissa, eikä niitä voi suoraan verrata toiseen toimipisteeseen.

Haastateltu kertoi myös, että oli käynyt vierailmassa toisessa yrityksessä, jossa oli käytössä sähkökäyttöisiä trukkeja. Vierailu toi haastatellulle luottoa sähkötrukkeihin, sillä sähkötrukit

olivat olleet erittäin varmatoimisia. Jos sähkötrukkien akkukapasiteettien riittävydestä olla täysin varmoja, on trukeissa hyvä olla vaihtoakkujärjestelmä, niin tarvittaessa pystytään vaihtamaan akku ja jatkamaan työskentelyä.

Sähköasiantuntijaa haastatellessa sähkötrukkien latureiden osalta selvisi, että asennuksen osalta helpoiten pääsee, jos laturit sijoitetaan SK8 tai SK6 sähkötilojen läheisyyteen. Laturi tulee sijoittaa paikkaan, jossa trukit tai muut ajoneuvot eivät pääse sitä kolhimaan.

Tarvittaessa laturin syöttökaapeli pystytään vetämään katon kautta esimerkiksi hallin F-puolelle, mutta se lisää kustannuksia ja hankaloittaa prosessia asennuksen kannalta.

Trukki/laturitoimittajan tarjouksen perusteella suunnitellaan sähkönsyöttö laturille ja käydään läpi mahdolliset kaapelinvetoreitit ja muut laturiin liittyvät asiat.

Neste My Dieselin tankkauspisteen vaatimuksia selvitetiin haastatteluilla ja ohjattiin tutkimaan SSAB Hämeenlinnan ympäristölupaa, josta tankkauspisteen vaatimukset selvisivät. Lopuksi haastateltiin trukkihuoltoa koneiden moottorityyppien osalta.

Haastattelussa selvitetiin vientitrukin, kotimaantrukin, rainapakkauksentrukin, terminaalitraktorin ja varalla olevan terminaalitraktorin moottorikoodit. Moottorikoodien perusteella saatiin selvitettyä HVO100 yhteensopivuus.

Eli lyhyesti: haastatteluissa selvisi, että sähkötrukkien saatavuudessa on normaalia pidempiä viiveitä tällä hetkellä. Osan sähkötrukkien hinnat voivat nousta jopa 2.5–3 kertaiseksi polttomoottoritrukkiin verrattuna. Haastateltu oli vierailut yrityksessä, jossa sähkötrukkeja oli ollut käytössä jo vuosia, yrityksen käytössä sähkötrukit olivat olleet erittäin varmatoimisia. Vaihtoakkujärjestelmä on hyödyllinen, jos akkukapasiteetin riittävydestä ei ole varmuutta. Trukkien latureista selvisi, että pienimmät kustannukset saavutetaan sijoittamalla latauspisteen sähkötilojen läheisyyteen. Jos kuitenkin halutaan, niin on sijoittaa latauspaikat kauemmas sähkötiloista. Laturi on sijoitettava tai suojattava siten, että trukit eivät pääse sitä kolhimaan.

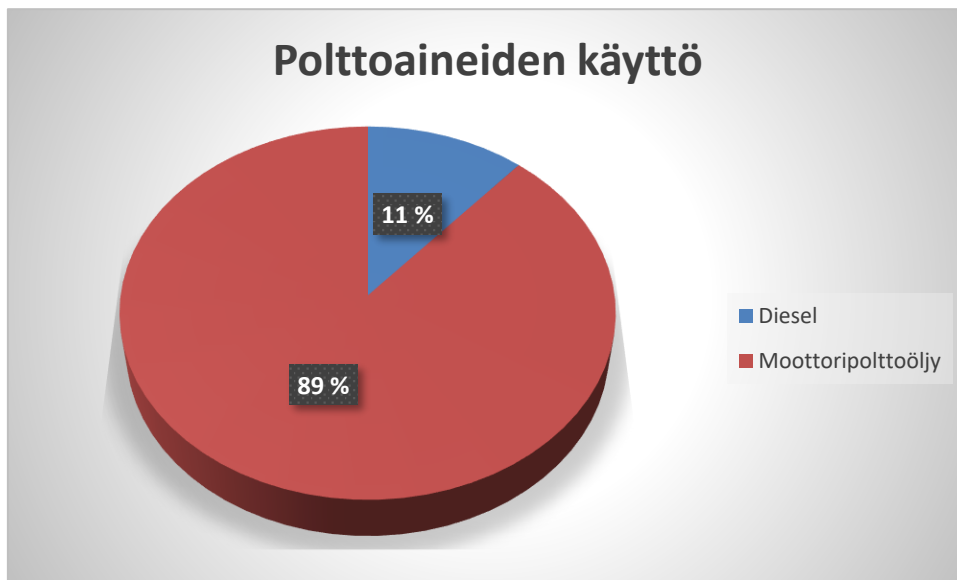


### 13 Tankkauspisteen polttoainedata 01.01.2022-31.12.2022

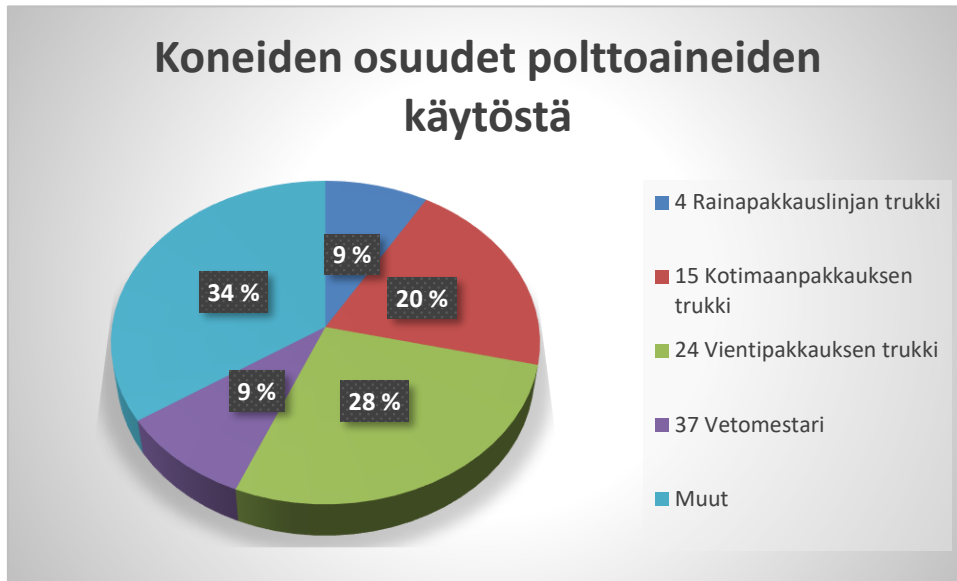
Polttoainedatasta pystytään laskemaan päästövähennykset, jos koneiden käyttövoima muutetaan fossiilivapaaksi. Lisäksi pystytään tarkastelemaan, kuinka raskasta koneen käyttö on ja laskea kuinka paljon kone kuluttaa tunnissa polttoainetta.

Seuraavissa kuvaajissa on otettu kaikki tankkauspisteen tankkaukset huomioon, myös ulkopuolisten tankkaukset. Kaavioissa 18 on kuvattuna polttoainepisteen polttoaineiden käytön jakautuminen. Kaaviossa 19 on kuvattuna polttoaineiden käytön jakautuminen eri koneille.

Kuva 4 Polttoaineiden käytön jakautuminen leikkaus ja lähetysalueen polttoainepisteellä.



Kuva 19 Polttoainepisteen konekohtainen käyttö.



Vuoden 2022 aikana tehtyjen tankkausten määrä oli 1390 kappaletta ja polttoaineita tankattiin yhteensä (piilotettu) litran edestä. (SSAB polttoainedata 2022, 31.12.2022)

Luvussa 3.1.1 kerrottiin Nesteen Uusiutuvan dieselin olevan 0,25 € kalliimpaa litralta kuin fossiilinen diesel. Nesteen sivuilta polttoöljyn vertailuhintaa ei löytynyt. Hankkija jälleenmyyjän kautta ostettaessa Neste MY uusiutuvaa polttoöljyä litrahinta on 1,742 €/l. (Hankkija, n.d. A) Saman jälleenmyyjän fossiilinen polttoöljy maksaa 1,488 €/l. (Hankkija, n.d. B) Molemmat litrahinnat sisältävät 24 % arvonlisäveron.  $1,742 \text{ €/l} - 1,488 \text{ €/l} = 0,254 \text{ €/l}$ . Tämän perusteella voidaan todeta, että myös uusiutuvaa polttoöljyä koskee sama 25 sentin korkeampi litrahinta. Jos polttoainepisteen diesel ja polttoöljy korvattaisiin uusiutuvalla dieselillä ja polttoöljyllä, nousisivat vuosittaiset polttoainekustannukset noin (piilotettu) mikäli hintojen suhde pysyy samana.

## 14 Kaluston nykytilan avainluvut

Tässä luvussa koostetaan avainlukuja aiemmin opinnäytetyössä käsitellyistä tiedoista kuten polttoainedatasta, kaluston tunneista ja tuntiennusteista. Kooste tehdään Excel pohjalle. Kuvassa 20. on otettu kuvankaappaus koosteesta, jossa on kerätty olennainen tieto kalustosta.

## Kuva 20 Kooste kaluston nykytilasta. Polttoainetiedot piilotettu.

Tunnit kirjattu 30.6.2022			Polttoaineiden käyttö 2022:								
Polttoaineen kulutus perustuu 2022 lukemiin			NRD. = Polttoainedata ajoneuvo numero								
Tuntia päivässä = 30.12.2021 - 30.6.2022 kertymän keskiarvo											
PAIKKA	MAALI	ID	NRD.	VM.	TUNNIT	KESKIM. l/d	TUNTIA TYÖPÄIVÄSSÄ / TYÖAIKA	30 000h TÄYTTYY	KULUTUS l/a	KULUTUS l/d	Osuus polttoaineiden käytöstä
Kotimaanpakkaus	Kalmar 26T DCG 250~12	66277	15	2019	16652	11,3	71 %	heinäkuu 2024			20 %
Vientipakkaus	Kalmar 26T DCG 250~12	66291	24	2021	3238	15,4	64 %	kesäkuu 2026			28 %
Rainapakkaus	Kalmar 18T DCG180-6	66268	4	2015	10818	4,6	82 %	2031			9 %
Kelasiirrot	Kalmar TR618IC	66282	37	2021	2356	4,0	25 %	2040			9 %
Kelälähetys	SMV 30T 28-1200C	66272	?	2018	1472	0,8					

## 15 Kaluston uusiminen

Kaluston nykytilanteen selvityksen perusteella opinnäytetyössä uusitaan kotimaanpakkauksen, vientipakkauksen ja rainapakkauslinjan trukit. Lisäksi uusitaan terminaalitraktori.

Kaluston uusimista varten on luotu kaksi suunnitelmaa. Ensimmäisessä suunnitelmassa nojataan vahvasti 30 000 tunnin uusintaväliin. Jos tunnit eivät täyty opinnäytetyön aikavälillä katsotaan uusittavan kaluston vuosimalleja ja uusitaan ne vanhimmasta uusimpaan.

Toisessa suunnitelmassa lähestytään täyssähköistä kelalogistiikkaa varovaisemmin. Kotimaantrukkia ei sähköistetä heti 30 000 käyttötunnin kohdalla. Koko kalusto muutetaan käyttämään uusiutuvaa dieseliä ja polttoöljyä. Kokemukset sähkötrukeista kerätään aluksi vähemmän kriittisiltä toimintapaikoilta.

### 15.1 Kaluston uusimissuunnitelma 1

Ensimmäisessä suunnitelmassa uusitaan ensimmäisenä kotimaanpakkauksipisteellä toimiva trukki. Trukki on uusittava tuntiennusteen mukaisesti kesäksi 2024. Seuraavana vuorossa on rainapakkauslinjan trukki, joka tulee uusia vuoden 2025 loppuun mennessä. Vuoden 2027 kesäksi tulee uusia vientipakkauksipisteeseen trukki. Viimeisenä uusintavuoroon tulee terminaalitraktori, joka uusitaan 2029 alkuvuodesta.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä saatavilla olevien akkujen kapasiteettien perusteella kotimaanpakkauksipisteeseen trukin uusiminen vaatii uudelle trukille vähintään kaksi lyijyakkua, toinen akuista lataa ja toinen käytössä. Akkuja täytyy vaihtaa kesken päivän. Valmistajat ilmoittavat, että yksi litiumakku riittäisi, kunhan akkua ladataan taukojen aikana tai pitämällä

erillisiä lataustaukoja esimerkiksi tunnin välein. Rainapakkaukselinjan dieseltrukki on yksinkertaisin päivittää sähköiseksi ajoprofiiliin puolesta. Lyijy- ja litiumakku kumpikin sopii pisteen ajoprofiiliin.

Vientipakkauksen trukki vaatii yhden lyijyakun vuoroa kohti. Litiumakku myös sopii myös vientipakkauksen trukin ajoprofiiliin, kunhan sitä muistetaan ladata aina kun kone ei ole käytössä. Litiumakusto voi silti aiheuttaa ongelmia kiireisenä päivänä, jos lataukseen ei ole riittävästi aikaa. Litiumakun tulisi olla mahdollisimman suuri kapasiteetiltaan, joka antaisi mahdollisuuden ajaa kiireisiä päiviä vähemmällä latauksilla. Vientipakkauksen trukin käyttövoimanmuutos on hankala, sillä trukin käyttöaste on korkea ja trukilla työskennellään kolmessa vuorossa läpi vuoden.

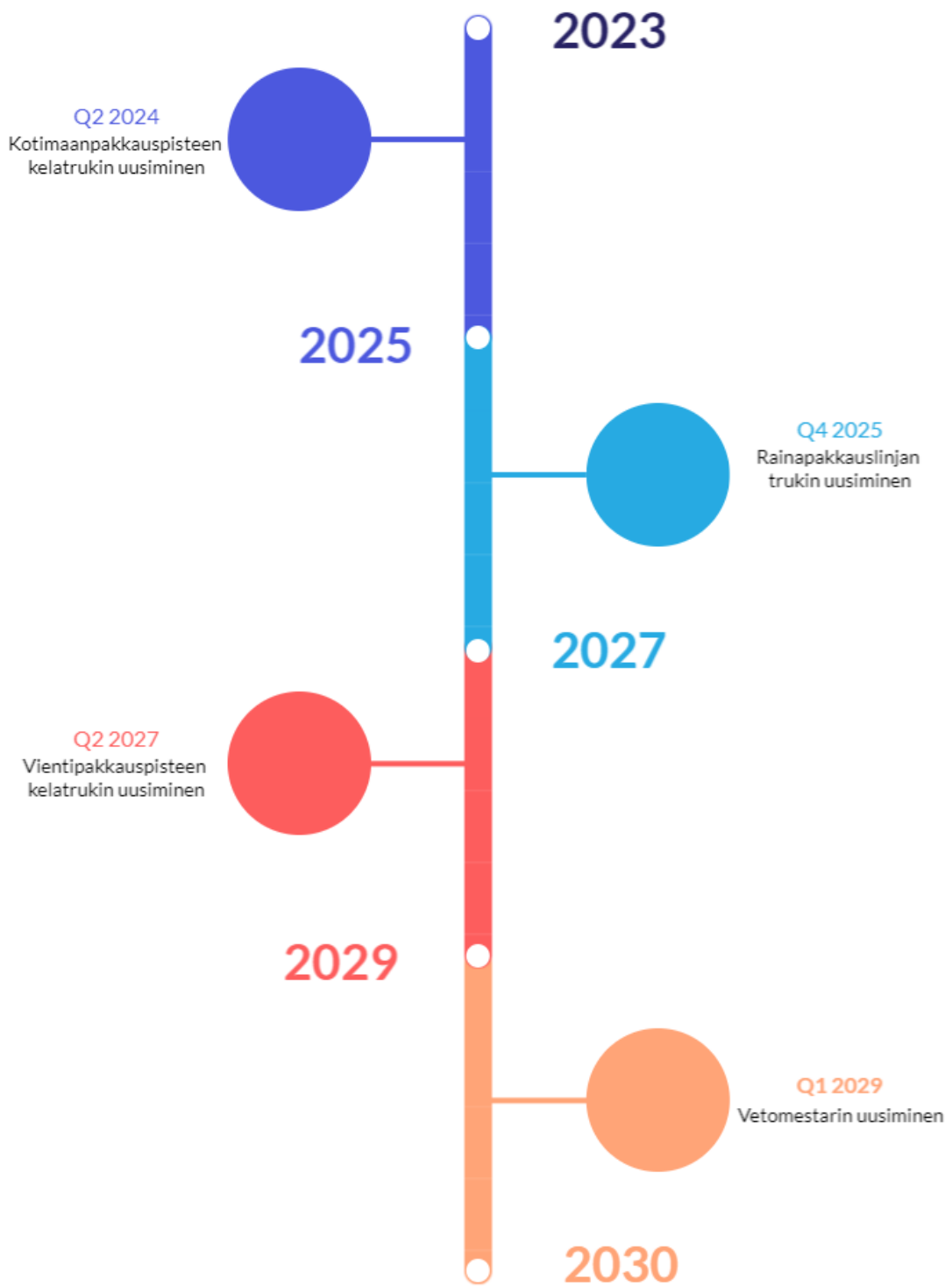
Viimeisenä vuorossa on terminaalitraktorin uusiminen. Terminaalitraktoreita ei ole tarjolla, kuin litiumakullisena. Markkinoilla olevien terminaalitraktorien akkukapasiteetti vaihtelee 152 kWh – 222 kWh välillä. Valmistajat eivät ole julkistaneet arvioita akkukestolleen, eikä kyselyihin vastattu. Dieselin käyttömäärien perusteella saadaan suuntaa antava arvio tarvittavista energiamääristä.

Leikkaus ja lähetysalueen käytössä oleva terminaalitraktori kuluttaa (piilotettu.)

(Laskut piilotettu.) Dieselin lämpötehoarvo=  $35,9\text{MJ}/\text{dm}^3 = 10\text{ kWh}/\text{l}$

(Piilotettu) keskimääräinen päiväkohtainen litrakulutus vastaa (laskut piilotettu) (piilotettu kWh) energian tarvetta päivässä. Aikaisemmissa laskuissa otsikon 3.1.3 alla, joissa laskettiin sähköauton energiatehokkuus verrattuna polttoainekäyttöiseen, todettiin sähkökäyttöisen ajoneuvon olevan 393 % energiatehokkaampi kuin dieselpolttomoottori. Jos sähkökäyttöinen terminaalitraktori olisi ”edes” 150 % prosenttia energiatehokkaampi kuin polttomoottorikäyttöinen, tulisi päiväkohtaiseksi kulutukseksi (piilotettu) kWh, minkä kokoisia akkuja on saatavilla terminaalitraktoreihin. (Laskut piilotettu.) Laskettu energiantarve on viitteellinen. Kuvassa 21 on havainnollistettu kaluston uusimissuunnitelman yksi aikataulu.

Kuva 21 Havainnollistava kuva ensimmäisestä uusintasuunnitelmasta.



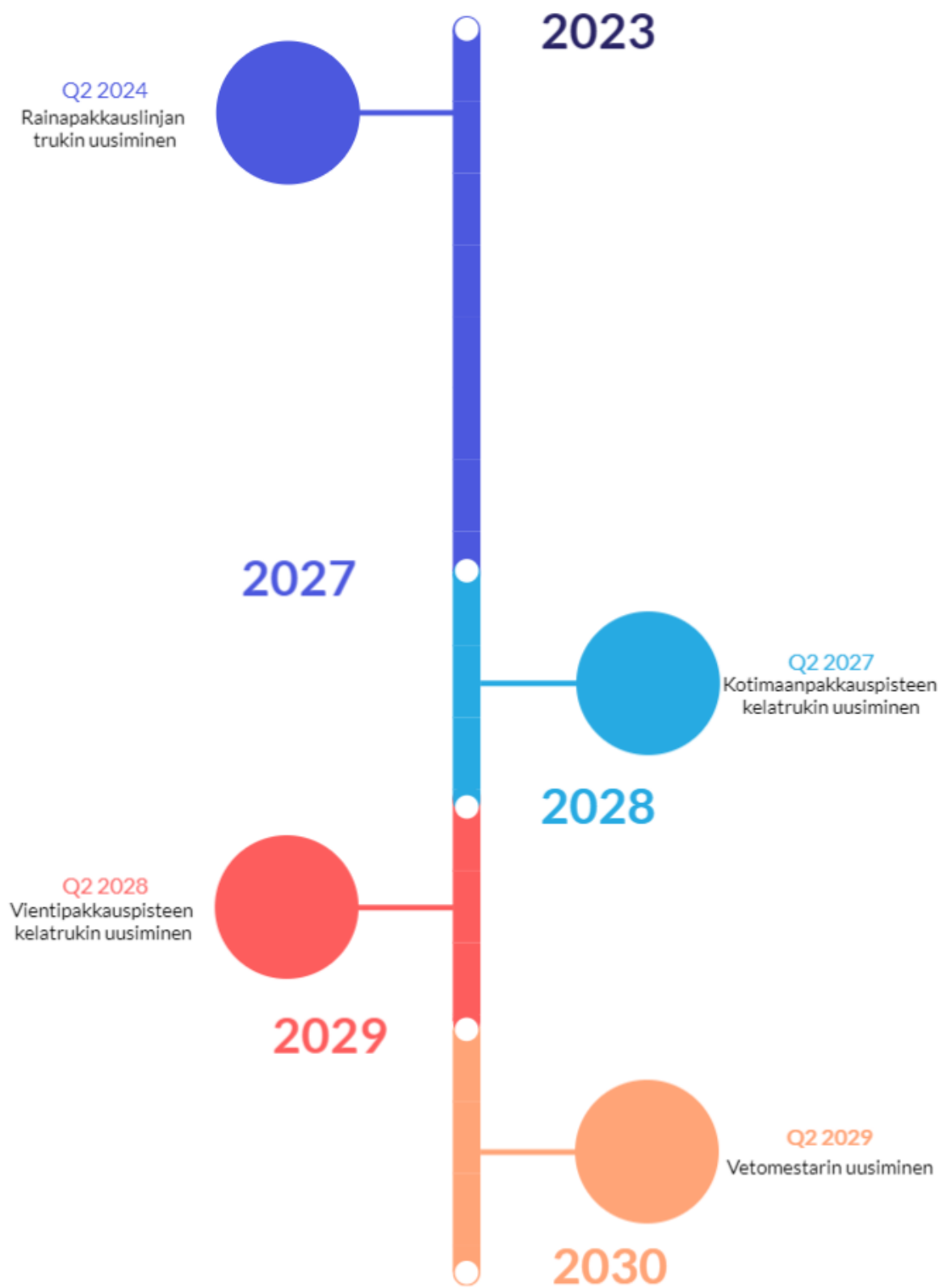
## 15.2 Kaluston uusimissuunnitelma 2

Toinen suunnitelma lähtee liikkeelle fossiilisten dieselin ja polttoöljyn korvaamisella uusiutuvilla vaihtoehdoilla. Tämän johdosta leikkaus ja lähetysalueen kelaliikenne olisi fossiilivapaata jo tankkausaseman perustamisen jälkeen. Tankkausaseman perustamiselle on myös vaihtoehto muuttaa jo olemassa oleva tankkausasema jakelemaan uusiutuvaa dieseliä ja polttoöljyä. Trukit osiossa käytiin läpi kaluston nykytila ja valmius HVO100 polttoaineille. Tehtaalle voidaan perustaa uusi tankkausasema, jossa tarjolla on uusiutuvaa polttoainetta.

Tässä suunnitelmassa sähköistetään ensimmäisenä rainapakkauslinjan trukki, jonka perusteella kerätään kokemuksia vienti- ja kotimaanpakkauspuoleisten trukkien sähköistämistä varten. Rainapakkauspuoleisten trukki on vähemmän kriittinen osa tehtaan sisäistä kela- ja rainalogistiikkaa. Kokemuksia kerätään vajaan kolmen vuoden verran tai niin kauan kuin kone kestä. Jos kotimaanpakkauspuoleisten trukki uusitaan suunnitelman mukaisesti kesällä 2027, tunteja kertyisi yli 40 000. Tehdään päätös kotimaantrukin uusimisesta ja uutta konetta valitessa hyödynnetään rainapakkauslinjan sähkötrukin käytöstä kertyneitä kokemuksia.

Samoja kokemuksia hyödyntäen ja, jos uusi kotimaankelatrucki on jo käyttöönotettu ennen kuin vientipakkauksen trukin tilaus tulee tehdä, hyödynnetään niitäkin kokemuksia trukin valinnassa. Suunnitelman viimeinen hankinta on sähköinen terminaalitraktori ja tarvittavat laturit sille. Kuvassa 22 on havainnollistettu toisen uusimissuunnitelman aikataulu.

Kuva 22 Uusimissuunnitelma 2.



## 16 Uusiutuvan dieselin käyttöönotto

Kuten työssä on aikaisemmin todettu, uusiutuva diesel on helpoin tapa saavuttaa fossiilivapaa sisäinen kelalogistiikka. Polttoaineenjaketulle on määritetty vaatimukset ympäristöluvassa, jotka ovat listattuna seuraavissa kappaleissa. Uusiutuvan dieselin ja polttoöljyn jakelu voidaan mahdollisuuksien mukaan aloittaa jo perustetussa polttoainepisteessä, tai vaihtoehtoisesti voidaan perustaa uusi jakelupiste. Neste My Dieselin käyttöturvallisuustiedotteesta selviää, että polttoaineen pääsy ympäristöön on vältettävä, joten Neste My uusiutuvaa dieseliä ja polttoöljyä koskee samat polttoainepisteen vaatimukset kuin fossiilista dieseliä.

SSAB Hämeenlinnan voimassa oleva ympäristölupa asettaa vaatimukset alueella oleville tankkauspisteille: Ympäristöluvassa vaaditaan vähintään SFS-EN 858-1 luokan I mukainen öljynerotuskaivo. Viemärissä on oltava mahdollisuus ottaa näytteitä poistuvasta vedestä, ja tarvittaessa viemäri pitää pystyä sulkemaan. Öljynerotin tulee varustaa öljynilmaisimella, jonka toimintaa on testattava säännöllisesti. Tankkauspaikan maanpinta tulee päällystää nestetiiviillä asfaltilla, jonka tyhjätila on alle 3 %. Tankkauspaikalla tulee olla kaadot, jotka ohjaavat mahdolliset vuodot öljynerotuskaivoon. Valu-altaaseen tulee mahtua suurimman paikalla operoivan säiliöajoneuvon tilavuuden verran polttoainetta, säiliöajoneuvon vuodon varalta (Aluehallintovirasto, SSAB HML, 23.2.2018 ja 16.12.2021. Ympäristölupa).

Leikkaus ja lähetysalueella sijaitsevan tankkauspisteen säiliön tilavuus on 9,9 m<sup>3</sup> ja säiliö on kaksiosainen. Säiliössä on osio polttoöljylle ja dieselille. Neste mainostaa heidän uusiutuvan vaihtoehdonsa käyvän kaikkiin dieselmootoreihin. (Neste, n.d.) Tämän perusteella leikkaus ja lähetysalueen polttoainepisteen dieselin voi korvata suoraan Nesteen uusiutuvalla dieselillä. Suomen tuotevastuulain mukaisesti Nesteellä on vahingonkorvausvastuu tuotteestaan johtuvista ongelmista.

Kalmarin mukaan Stage 3, 4 & 5 trukit ja terminaalitraktorit varustettuna Volvon tai Cumminsin moottorilla ovat sertifioitu käyttämään HVO100 polttoaineita. Kalmar kuitenkin kehottaa asiakkaitaan varmistamaan HVO100 yhteensopivuuden myös sertifioitujen laitteiden osalta paikalliselta Kalmar tuelta (Kalmar, n.d. F).



## 17 Vaadittavat sähköinfrastruktuuri muutokset

Suunnitelmassa trukkien laturit sijoitetaan D-halliin, SK6 seinustalle, nykyisen kelavaraston tilalle. Leikkaus ja lähetysalueella on 3 sähkökeskusta, SK5, SK6 ja SK8. SK5 ympäristössä ei ole ylimääräistä tilaa. Paikkana paras näistä kolmesta olisi D-hallin puoleinen seinämä SK8:sta, sillä se olisi erittäin lähellä vienti- ja kotimaanpakkaus pistettä, eikä trukkien säilytyspaikat juuri muuttuisi. Ongelmaksi SK8 seinustassa tulee se, että pakkaus pisteet saattavat olla kiireisiä vielä kello 16.00 jälkeen kun rainapakkauslinjan trukki tuodaan lataukseen, joka luo suuren näköesteen risteysalueelle, jossa vienti- ja kotimaanpakkauksen trukit kuljettavat keloja pakkaus pisteille. Ainoaksi vartenotettavaksi sähkökeskuksen seinustaksi jää SK6 seinusta.

Suunnitelmassa seinustalle tarvitaan neljä lyijyakkulaturia. Rainapakkauslinjan trukille yksi laturi. Kotimaanpakkauksen trukille yksi laturi, jossa latauksessa aina toinen akku. Ja vientipakkauksen trukki tarvitsee kaksi laturia, jotta trukki kykenee toimimaan kellon ympäri. SK6 seinustalla, D-hallissa toimii siltanosturi, joka voi auttaa trukkien akkujen vaihdossa.

Litiumakkujen kanssa laturien olisi hyvä olla mahdollisimman lähellä taukopaikkoja, jotta trukki muistettaisiin kytkeä laturiin joka kerta tauon ajaksi. Aikaisemmasta kuvasta 7 näkyy optimaalinen litiumakun taukolataus. Akun lataus ei pääse missään vaiheessa purkautumaan alle 50 %. Litiumakkulatureita tarvitaan lähtökohtaisesti yksi per trukki.

Terminaalitraktorin laturi tulisi sijoittaa sinkityslinja 3 kelalastauspaikalle. Laturille sähkönsyöttö tulisi joko SK5:sta tai SK32:sta. Terminaalitraktoria pystyttäisiin lataamaan samalla, kun sitä lastataan mikä maksimoisi sen käyttöajat ja minimoisi tarpeen erillisille lataustauoille. Lisäksi voidaan perustaa toinen latauspaikka sinkityslinja 2 lastauspaikalle mikäli jokainen lastaustauko halutaan hyödyntää litiumakkujenlatauksella. Sinkityslinja 2 lastauspaikan laturin sähkönsyöttö tulisi SK16, joka sijaitsee lastauspaikalta katsottuna sinkityslinjan takana. Lisäksi lyijyakuille täytyy perustaa vesityspiste latauspaikan yhteyteen.

## 18 Päästövähennykset

Luvussa 8.1 käytiin läpi kalustolle kertyvät tunnit ja selvisi, että noin 90 % leikkaus ja lähetysalueen raskaalle kela- ja rainasiirtokalustolle kertyvistä tunneista kertyy vienti-, kotimaan- ja rainapakkauksen trukille sekä terminaalitraktorille. Kyseiset työkoneet päivittämällä sähköiseksi voidaan saavuttaa suuret vähennykset päästöissä ja fossiilisten polttoaineiden käytössä. Näiden koneiden osuus leikkaus ja lähetysalueen polttoainepisteen fossiilisten polttoaineiden käyttö oli vuonna 2022 66 %, joka tekee (piilotettu) litraa. Litrasta poltettua polttoöljyä pääsee ilmakehään 2660 g hiilidioksidia. (Motiva, n.d.) Seuraamalla työssä tehtyjä suunnitelmia, vuonna 2030 leikkaus ja lähetysalueen sisäinen kelalogistiikka on fossiilivapaata. Vuositasolla voidaan vähentää (piilotettu) kilogrammaa hiilidioksidipäästöjä, jotka ovat peräisin fossiilisista polttoaineista. Polttoaineissa siirtymällä uusiutuviin vaihtoehtoihin voidaan saavuttaa tavoitteiden mukainen fossiilivapaus heti. Nesteen mukaan uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää kaikissa diesel polttomoottoreissa.

## 19 Pohdinta

Työn tavoitteena oli tuottaa tukimateriaalia fossiilivapaiden työkoneiden hankinnan päätöksenteon tueksi ja antaa tietoa eri käyttövoimista, trukkien ja terminaalitraktoreiden nykytarjonnasta ja niiden soveltuvuudesta SSAB Hämeenlinnan käyttöön. Tavoitteisiin päästiin ja monipuolinen tukimateriaali saatiin tehtyä. Aihe oli erittäin laaja ja perusteelliseen selvitykseen olisi saanut aikaa uppoamaan runsaasti enemmän, kuin oli käytettävissä.

Aihe vaatii vielä jatkoselvitystä valmistajien kanssa muun muassa akkukapasiteettien riittävyyden osalta ja latausvaihtoehtojen valinnoissa. HVO100 yhteensopivuus tulee varmistaa koneiden valmistajilta, ainakin takuullisten koneiden osalta. HVO100 polttoainepisteen perustaminen vaatii selvitystä.

On myös mahdollisuus, että opinnäytetyö vanhenee nopeasti. Voi olla, että lähitulevaisuudessa tehdään läpimurto jonkin käyttövoiman kehittämisen osalta ja muiden käyttövoimien kehitys jää pienemmäksi, kun keskitytään läpimurron tehneeseen käyttövoimaan.

## Lähteet

Aluehallintovirasto, SSAB Hämeenlinna ympäristölupa, 23.2.2018 ja 16.12.2021.

Lupamääräykset 19 (päivitetty 2021), 24 ja 25.

<https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/926258> ja <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1841660>

Autoalan tiedotuskeskus, 17.02.2022. Ennuste yli 16 t kuorma-autojen käyttövoimista.

[https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan\\_tiekartta\\_tulevaisuuden\\_kayttovoimista](https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan_tiekartta_tulevaisuuden_kayttovoimista)

Hankkija, n.d. A. Haettu 16.2.2023 osoitteesta:

<https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/polttoaineet-ja-lammitysoljy/ia-neste-my-uusiutuva-polttooljylammitysoljy-32-2037016/>

Hankkija, n.d. B. Haettu 16.2.2023 osoitteesta:

<https://www.hankkija.fi/tuotantopanokset/polttoaineet-ja-lammitysoljy/ia-lammitysoljy-neste-tempera-polttooljy-talvilaatu-2036992/>

Hyster, n.d. Sähkötrukin esite.

<https://www.hyster.com/en-gb/europe/4-wheel-electric-forklift-trucks/j10-18xd/>

Kalmar, 21.11.2022, hydrogen

[https://www.kalmarglobal.com/48efac/globalassets/media/304494/304494\\_A-Kalmar-Whitepaper-Hydrogen-fuel-cell-technology-in-container-handling-equipment-Low-res-page-by-page.pdf](https://www.kalmarglobal.com/48efac/globalassets/media/304494/304494_A-Kalmar-Whitepaper-Hydrogen-fuel-cell-technology-in-container-handling-equipment-Low-res-page-by-page.pdf)

Kalmar, n.d. A. Haarukkatrukit

<https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/haarukkatrukit/>

Kalmar, n.d. B. HVO100 yhteensopivuus

[https://www.kalmarglobal.com/4a4b78/globalassets/media/263732/263732\\_Kalmar-equipment-compatible-with-HVO100-fuel.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a4b78/globalassets/media/263732/263732_Kalmar-equipment-compatible-with-HVO100-fuel.pdf)

Kalmar, n.d. C. Electric medium forklift

[https://www.kalmarglobal.com/4a5600/globalassets/media/293481/293481\\_Kalmar-Medium-Electric-Forklift-Brochure.pdf.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a5600/globalassets/media/293481/293481_Kalmar-Medium-Electric-Forklift-Brochure.pdf.pdf)

Kalmar, n.d. D. Electric heavy forklift

[https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855\\_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf)

Kalmar, n.d. E

[https://www.kalmarglobal.com/4946e2/globalassets/media/268794/268794\\_Kalmar-Ottawa-Electric-Terminal-Tractor-T2E- Brochure-web.pdf.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4946e2/globalassets/media/268794/268794_Kalmar-Ottawa-Electric-Terminal-Tractor-T2E- Brochure-web.pdf.pdf)

Kalmar, n.d. F HVO100 (Hydrotreated Vegetable Oil) Fuel

<https://www.kalmarglobal.com/eco-efficiency/hvo100/>

Larminie James & Lowry John (2012). Electric Vehicle Technology Explained (s.52 & s.37)

<https://hamk.finna.fi/Record/nelli19.2670000000210897>

Laturille, 20.4.2020. Lataushäviöt.

<https://www.laturille.com/auton-sisainen-ac-laturi-ja-lataustehot/>

MAFI, n.d. Electric terminal tractor T230e

<https://www.mafi.de/en/products/tractors/electric-terminal-tractor-t-230e/>

Mercedes-Benz, n.d. EQS 450 SUV. Sähkönkulutus tiedot.

<https://www.mercedes-benz.fi/passengercars/mercedes-benz-cars/car-configurator.html/motorization/CCci/FI/fi/EQS-KLASSE/OFFROADER>

Mercedes-Benz, n.d. GLS 400d SUV. Polttoaineenkulutus tiedot.

<https://www.mercedes-benz.fi/passengercars/mercedes-benz-cars/car-configurator.html/motorization/CCci/FI/fi/GL-KLASSE/OFFROADER>

Motiva, 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTTResearch.

<https://www.motiva.fi/files/685/t2045.pdf>

Motiva, n.d. Dieselin palamisesta johtuvat hiilidioksidipäästöt.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajo\\_neuvotekniikka/moottoritekniikka/dieselmoottori](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajo_neuvotekniikka/moottoritekniikka/dieselmoottori)

Motiva, n.d. Polttokennoauto.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/valitse auto viisaasti/autotyypit/polttokennoauto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/polttokennoauto)

Neste. 2020. Neste Renewable Diesel Handbook

[https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste\\_renewable\\_diesel\\_handbook.pdf](https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf)

Neste, (n.d.) Neste MY Uusiutuva Diesel™ – Sinun panoksesi ilmastotalkoisiin. Dieselin ja uusiutuvan dieselin hintaero. Haettu 5.12.2022 osoitteesta

<https://www.neste.fi/artikkeli/neste-my-uusiutuva-dieseltm-sinun-panoksesi-ilmastotalkoisiin>

Nylund Nils-Olof, Söderena Petri & Pettinen Rasmus. 2020. Biopolttoaineiden demonstraatiohanke BioSata. VTTResearch.

<https://cris.vtt.fi/en/publications/biopolttoaineiden-demonstraatiohanke-biosata-korkeaseosteisilla-b>

Sigmatrukit, n.d. Terberg YT203EV Terminaalitraktori

<https://www.sigmatrukit.fi/palvelut/myynti/trukit/terberg-yt203ev-terminaalitraktori/>

SSAB Intranet, n.d. Haettu 24.01.2023

SSAB polttoainedata 2022, 31.12.2022

SSAB, 14.12.2022. SSAB:n henkilöstön määrä Suomessa. Haettu 19.12.2022 osoitteesta:

<https://www.ssab.com/fi-fi/uutiset/2022/12/ssab-europen-muutosneuvottelut-hmeenlinnassa-kankaanpss-ja-pulkkilassa-pttyneet>

SSAB, 25.10.2022. Third quarter 2022

<https://www.ssab.com/fi-fi/ladattavat-tiedostot#sort=%40customorder%20descending>

SSAB, n.d. A. SSAB Lyhyesti

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

SSAB, n.d. B. SSAB Europe

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>

SSAB, n.d. C. Tuotantopaikkakunnat Suomessa

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa>

SSAB, n.d. D. SSAB Hämeenlinna. Haettu 19.12.2022 osoitteesta:

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/hameenlinna>

SSAB, n.d. E. Kestävä kehitys

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/kestava-kehitys>

SSAB, n.d. F. Fossiilivapaan teräksen aikataulu

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/fossiilivapaissa-teraksissa/aikataulu>

Terragas, n.d. Toyota trukit

<https://terragas.fi/trukit/>

The Lilly Company, n.d. WHEN TO USE A LEAD-ACID VS. LITHIUM-ION FORKLIFT BATTERY

Lyijy- ja litiumakkujen vertailu. Haettu 13.12.2022 osoitteesta:

<https://www.lillyforklifts.com/blog/lead-acid-vs.-lithium-ion-forklift-battery>

Tilastokeskus, n.d. Sähkön ja lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöt. Haettu 9.12.2022

osoitteesta:

[https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset\\_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm](https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm)

Turkula, T. 2017. *Siis häh HVO, FAME, LPG? – Liikennepolttoaineiden koottu sanasto.*

*Moottori-lehti* 4.12.2017

<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/siis-hah-hvo-fame-lpg-liikennepolttoaineiden-koottu-sanasto/>

UPM, (n.d.) UPM BioVerno -diesel.

<https://www.upmbiofuels.com/fi/liikennepolttoaineet/upm-bioverno-diesel-polttoaine/>

KUVAT:

Kuva 1 SSAB HML tehdas kuva. n.d.

<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/hameenlinna>

Kuva 2 FCEV vs BEV Kalmar. 21.11.2022.

[https://www.kalmarglobal.com/48efac/globalassets/media/304494/304494\\_A-Kalmar-Whitepaper-Hydrogen-fuel-cell-technology-in-container-handling-equipment-Low-res-page-by-page.pdf](https://www.kalmarglobal.com/48efac/globalassets/media/304494/304494_A-Kalmar-Whitepaper-Hydrogen-fuel-cell-technology-in-container-handling-equipment-Low-res-page-by-page.pdf)

Kuva 3 Optimal design of stator and rotor slot of induction motor for electric vehicle applications. 2019

[https://www.researchgate.net/figure/Typical-EV-torque-speed-characteristics\\_fig1\\_327598179](https://www.researchgate.net/figure/Typical-EV-torque-speed-characteristics_fig1_327598179)

Kuva 4 Litiumakun ominaisuudet Larminie & Lowry. 2012. s.52

<https://hamk.finna.fi/Record/nelli19.267000000210897>

Kuva 5 Lyijyakun ominaisuudet. Larminie & Lowry. 2012 s.37

<https://hamk.finna.fi/Record/nelli19.267000000210897>

Kuva 6 The Kalmar ELECTRIC HEAVY FORKLIFT ECG180-330. 18–33 t sähkötrukkien käyttöajat. n.d. (s.4)

[https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855\\_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf)

Kuva 7 Hyster J10-18XD Sähkötrukin esite. n.d.

<https://www.hyster.com/en-gb/europe/4-wheel-electric-forklift-trucks/j10-18xd/>

Kuva 8 Kalmar 18–33 t n.d.

[https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855\\_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a53a6/globalassets/media/268855/268855_The-Kalmar-Electric-Heavy-Forklift-Brochure.pdf)

Kuva 9 Kalmar 16T sähkötrukki. n.d. (s.4)

[https://www.kalmarglobal.com/4a5600/globalassets/media/293481/293481\\_Kalmar-Medium-Electric-Forklift-Brochure.pdf.pdf](https://www.kalmarglobal.com/4a5600/globalassets/media/293481/293481_Kalmar-Medium-Electric-Forklift-Brochure.pdf.pdf)

Kuva 10 Kalmar 14T dieseltrukki. n.d.

<https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/haarukkatrukit/forklift-trucks-9-18-ton/>

Kuva 11 autoalan tiedotuskeskus. n.d.

[https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan\\_tiekartta\\_tulevaisuuden\\_kayttovoimista](https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan_tiekartta_tulevaisuuden_kayttovoimista)

Kuvat 21 ja 22 luotu käyttämällä Visme.co työkalua. 2023

<https://www.visme.co/>



LIITTEET: