



Robocoast Electric Heavy Vehicles

Kuorma-autojen sähkökonversiot

Selvitys ja tilannekatsaus

FM Jukka Pellinen
31.3.2025

Sisällys

1.	Johdanto.....	2
1.1.	Taustaa	2
1.2.	Tavoitteet	2
1.3.	Menetelmät	2
2.	Sähkökuorma-autojen ja konversiotoiminnan historiaa.....	3
3.	Sähkökäyttöiset kuorma-autot Suomessa	6
4.	Konversioprosessin tekninen kuvaus.....	7
4.1.	Sähkökuorma-auton peruskomponentit.....	8
		10
4.2.	Toimenpiteet konversion toteutuksessa.....	11
4.2.1	Tarvekartoitus ja suunnittelu.....	11
4.2.2	Aihion valinta ja valmistelu.....	12
4.2.3.	Sähköisen voimalinjan asennus	13
4.2.4.	Konversioauton testaus ja mittaukset	14
4.3.	Konversioauton käyttöjärjestelmä ja kommunikaatioväylät.....	14
4.4.	Konversiokuorma-autojen energiatehokkuus.....	16
5.	Konversion toteutuksen onnistumisen taloudelliset ja tekniset edellytykset.....	18
5.1.	Komponentit ja tekninen toteutus.....	18
5.2.	Jälkimarkkinointi, ajoneuvojen ylläpito ja työturvallisuus.....	18
6.	Viranomaismääräykset ja -vaatimukset.....	20
7.	Teknistaloudellinen pohdinta optimaalisista konversiokohteista.....	21
8.	Konversioliiketoiminnan potentiaali kotimaassa ja viennissä.....	22
9.	Yhteenveto	24
10.	Lähteet	25

1. Johdanto

1.1. Taustaa

Selvitystyö on tehty Robocoast Electric Heavy Vehicles- hankkeen toimeksiannosta Turun ammattikorkeakoulun tilaamana.

Dieselkäyttöisten kuorma-autojen muuttaminen sähköiseksi on ollut yksi mahdollisuus paitsi lisätä sähkökuorma-autojen määrää myös pienentää investoinnin määrää ja nopeuttaa hiilivapaan raskaan ajoneuvokaluston yleistymistä.

Tämän selvityksen tarkoitus on kuvata itse konversioprosessia ja tuoda esille konvertoinnin liiketoiminnallisia mahdollisuuksia ja haasteita. Selvitys käsittelee erityisesti käytetyistä autoista tehtäviä konversioita. Lisäksi tarkoitus on kartoittaa kaupalliseen toimintaan liittyviä käytännön edellytyksiä ja vaatimuksia markkinoiden ja viranomaisten näkökulmasta.

Selvityksen toteutti FM Jukka Pellinen.

1.2. Tavoitteet

Selvityksen tavoitteena on kuvata sähkökuorma-autojen tilannetta Suomessa, konversioauton tekniikkaa ja konversioprosessia sekä pohtia konversioliiketoiminnan mahdollisuuksia selkeällä tavalla. Konversioautojen tuotantoon, kaupalliseen toimintaan ja niiden käyttöön liittyy paljon edellytyksiä ja vaatimuksia, mutta myös mahdollisuuksia. Nämä seikat pyritään tuomaan esille ja samalla esittämään ajatuksia konversiotoiminnan tulevaisuudesta.

1.3. Menetelmät

Selvityksen tiedonhaku on tehty pääasiassa tietoverkoissa ja -kannoissa. Selvityksessä on myös hyödynnetty kokemusperäistä tietoa konversiokuorma-autojen käytöstä ja kehittämishankkeista sekä eri hankkeissa tehdyistä tutkimuksista ja mittauksista.

2. Sähkökuorma-autojen ja konversiotoiminnan historiaa

Kiinnostus sähkökäyttöisiin kuorma-autoihin alkoi jo 1900-luvun alussa, kun Walker Vehicle Company valmisti maidon jakeluautoja Yhdysvalloissa. Autoissa oli lyijyakut, jotka mahdollistivat noin 80 kilometrin ajosäteen huippunopeuden jäädessä noin 20 km/h tasolle. Autoja käytettiin pääasiassa Yhdysvalloissa ja Englannissa. Sähköisen voimalinjan hiljaisuus ja tyhjäkäynnin aiheuttamat haitat johtivat myös ensimmäisten sähkökäyttöisten jäteautojen käyttöönottoon Englannissa Birminghamin kaupungissa 1938.

Sähkökäyttöisten kuorma-autojen ensimmäinen mittava käyttöönottohanke alkoi ennen Pekingin olympialaisia vuonna 2008, kun Pekingin kaupunki päätti korvata 3000 dieselkäyttöistä jäteautoa vastaavilla sähköautoilla. Kiina onkin ollut selkeä suunnan näyttäjä raskaan sähköisen ajoneuvokaluston ja sähköisen voimalinjan komponenttien kehittäjänä.

Euroopassa yksi ensimmäisistä varteenotettavista konversioautoja tuottavista yrityksistä oli Smith Electric Vehicles. Itse yritys perustettiin jo 1920 ja aluksi yritys teki sähkökäyttöisiä raitiovaunuja ja johdinautoja. Smith Electric Vehicles keskittyi 1950- ja 1960-luvuilla sähkökäyttöisten maidon jakeluautoihin. Sähkökäyttöiset meluttomat ajoneuvot soveltuivat mainiosti yöaikaan tapahtuvaan maidon jakeluun ja ne säilyivät yrityksen päätuotteina pitkään. Smith esitteli 7,5-tonnisen sähkökäyttöisen jakoauton vuonna 2006. Auto perustuu tshekkiläisen Avian runkoon ja ohjaamoon sekä Enovan moottoriin ja tehoelektroniikkaan. Auton myötä Smith kasvoi maailman suurimmaksi sähkökuorma-autojen valmistajaksi. Vuosien 2010 ja 2016 välisenä aikana tehtiin yli 800 sähkökuorma-autoa. Smith teki myös alle 3,5-tonnisia Ford Transitiin perustuvia Smith Edison-pakettiautoja. Smithin tuotanto loppui vuonna 2016. Yksi Smithin ensimmäisistä autoista on Keuruun TKI-keskuksella tuotekehitys- ja tutkimuskäytössä.



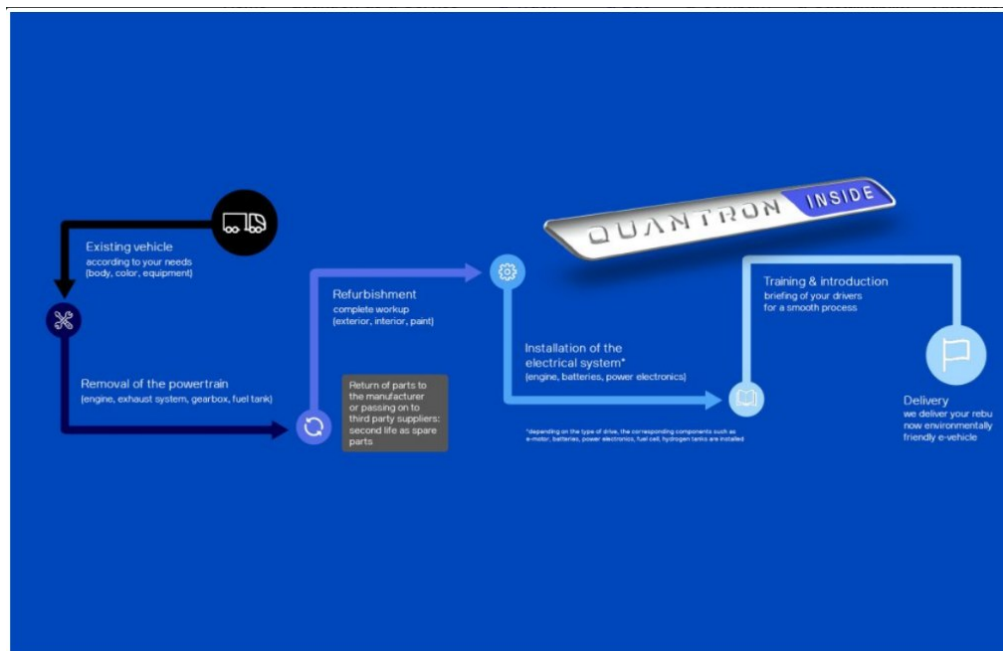
Kuva 1 Smith Newton- sähkökuorma-auto

Euroopassa on toiminnassa useita konversiokuorma-autoja tekeviä yrityksiä. Käytännössä kaikki toteuttavat konversiot uusiin tehdasvalmisteisiin kuorma-autoihin. Ilmeisesti asiakkaat

ovat halunneet uusia ajoneuvoja ja kiertotalousajattelu ei ole aiemmin saanut jalansijaa. Konversioautoja toteuttavat tai ovat toteuttaneet ainakin seuraavat yritykset:

- Framo GmbH, 7,5 – 40t MAN-pohjaiset autot, <https://www.framo-eway.com/>
- EMOSS, DAF-pohjaiset kuorma-autot ja työkoneet, <https://www.emoss.nl/>
- eForce One AG, Iveco-pohjaiset raskaat (>24t) kuorma-autot, <https://www.eforce.ch/>
- Quantron AG, <https://www.quantron.net/en/>
- DesingWerk Sveitsi

Quantron esitteli myös käytettyihin autoihin tehtävän konversiotuotteensa, mutta joutui selvitystilaan lokakuussa 2024. Myös muut uusiin ajoneuvoihin konversioita tekevät ovat olleet taloudellisissa vaikeuksissa. Muun muassa EMOSS teki konkurssin vuonna 2015, mutta jatkoi toimintaa uuden yrityksen ja rahoituksen turvin. EMOSS on viime aikoina laajentanut konvertoinnin tuotekirjoaan erilaisiin työkoneisiin.



Kuva 2 Quantron Retrofit-konsepti. Lähde: www.quantron.net

Suomessa sähköbussituotantoa toteutti Linkker Oy. Se keskittyi lähinnä linja-autojen sarjavalmistukseen, mutta ensimmäiset valmistuneet linja-autot olivat konversioautoja. Lisäksi Linkker tarjosi konversiosarjoja linja-autoihin. Linkker Oy:n liiketoiminta on loppunut.

Lielahden Autokeskus Oy aloitti käytettyihin kuorma-autoihin toteutettavan konversio toiminnan 2020 ja toiminta jatkuu Keuruulla edelleen. Lielahden Autokeskus on toimittanut 12-18t konvertoituja jakoautoja sekä tehnyt 50t ja 76t rekkavetureita pilottikohteisiin. Lielahden Autokeskus on toteuttanut myös muutamia työkonekonversioita.

Lielahden Autokeskus on toimittanut kaksi konvertoitua jakeluautoa Postin käyttöön. Nämä ovat ensimmäiset ammattikäytössä olevat konvertoidut jakeluautot Suomessa.

Raskaamman kaluston konversioajoneuvot toimivat tehdasalueilla Äänekoskella ja Pietarsaassa. Runkolinja-ajoon sopivat sähköiset konversioajoneuvot ovat vasta kehitteillä.

Sisu-Auto Oy rakentaa VTT:n koordinoimassa Escalate-hankkeessa (Horizon Europe) rekkaveturia (Kuva 3), jonka ajosäde tulee riittämään Helsingistä Ouluun. Hanke tavoittelee myös polttokennon yhdistämistä sähköiseen voimalinjaan, jolloin välilatauksia ei tarvittaisi. Auto tulee tukemaan 1000 kW:n lataustehoa (Megawatt Charging System, MCS).



Kuva 3 Escalate-hankkeessa kehitettävä Sisu



UNECE:n (Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomissio) tiedotteessa todetaan maailmassa olevan 1,9 miljardia ajoneuvoa. Koska niitä kaikkia ei ole mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa korvata uusilla sähköautoilla, konversio on nousemassa kustannustehokkaaksi ratkaisuksi (erityisesti raskaiden ajoneuvojen konversiot), joka voisi nopeuttaa energiasiirtymää ja pienentää hiilijalanjälkeä. Konversio on mekaaninen toimenpide, jossa bensiini/dieselmoottori ja polttoainesäiliö poistetaan ja korvataan sähkömoottorilla ja akulla tai vetypolttokennolla. Pohjoisamerikkalaisen Precedence Researchin mukaan maailmanlaajuisten autojen jälkiasennettavien sähköajoneuvojen voimansiirtomarkkinoiden koko oli 65,94 miljardia dollaria vuonna 2024, ja sen ennustetaan ylittävän noin 144,61 miljardia dollaria vuoteen 2034 mennessä . (UNECE, 2025).

3. Sähkökäyttöiset kuorma-autot Suomessa

Ensimmäinen sähkökuorma-auto rekisteröitiin Suomeen 2015 Niinivirta European Cargo Oy:n käyttöön. Auto aloitti operoinnin Tampereella ja sitä käytettiin useissa tutkimus- ja kehittämishankkeissa. Pääasiallinen kiinnostus kohdistui tuolloin auton energiatehokkuuteen ja käytettävyyteen. Auto on hollantilaisen EMOSSin uudesta DAF-alustaisesta autosta konvertoima. Auton malli on CM1616 ja sen tekniset tiedot selviävät kuvasta 3.

Technical specifications

The table below shows the technical specifications for the CM 16 e-Truck. Different configurations are available on request.

Specifications	CM 1612	CM 1616	CM 1620
Battery pack (LiFePo4)	120 kWh	160 kWh	200 kWh
Range (NEDC, 80% payload)	125 km	170 km	210 km
Motor power / torque	150 kW / 950 Nm		
Topspeed (electronically limited)	85 km/h		
Charge system	44 kW or 22 kW		
Charge time (63A)	2.8 or 5.5 hours	3.6 or 7.3 hours	4.5 or 9 hours
Overall dimensions *	Length: 8.280 mm Width: 2.350 mm Height: 2.700 mm		
Gross Vehicle Weight	16.000 kg		
Payload **	9.992 kg	9.466 kg	8.930 kg

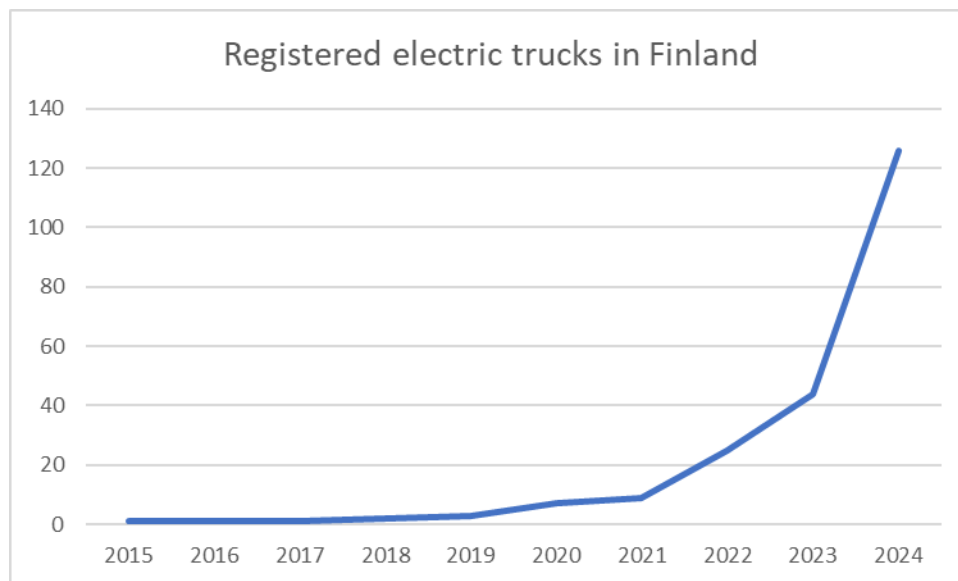
Kuva 4 EMOSS CM1616-sähkökuorma-auton tekniset tiedot Lähde: EMOSS



Kuva 5 Suomen ensimmäinen sähkökuorma-auto. Kuva: Jukka Pellinen

Niinivirran Emoss oli kolmen vuoden ajan (2015-2018) Suomen ainoa rekisterissä oleva sähkökuorma-auto. Tämän jälkeen autojen määrä on alkanut kasvaa nopeammin ja määrän kasvu näyttää noudattavan sähkökäyttöisten henkilöautojen määrän kasvua noin 6-7 vuoden viiveellä (Kuva 2). Vuoden 2024 lopussa autoja oli rekisterissä 126 kappaletta ja maaliskuussa 2025 määrä on yli 140. Suurin osa autoista on 12-18t jakoautoja (noin 50%) ja ajoneuvoyhdistelmiä oli vuoden 2025 alussa 15 kappaletta rekisterissä. Näistä 13 on kaupallisessa käytössä ja 2 oppilaitosten käytössä.

Helsingin kunnossapitoyhtiö Stara, Forum Virium Helsinki ja Tampereen ammattikorkeakoulu toteuttivat hankkeen, jossa oli tarkoitus muuttaa Staran aura-auto sähkökäyttöiseksi. Auto saatiin ajokuntoon, mutta varsinaiseen hyötykäyttöön autoa ei ainakaan toistaiseksi ole saatu.



Kuva 6 Sähkökäyttöisten kuorma-autojen määrän kehitys Suomessa. Lähde: Traficom

4. Konversioprosessin tekninen kuvaus

Sähkökuorma-auton konvertointi tarkoittaa käytännössä dieselkäyttöisen voimalinjan poistamista ja korvaamista sähkökäyttöisellä voimalinjalla. Alkuperäinen voimalinja pitää sisällään itse polttomoottorin ohjausjärjestelmineen, vaihteiston ja polttoaine- ja pakokaasujärjestelmän. Auton runko, akselit ja jarrujärjestelmä jäävät käytännössä alkuperäiseksi. Samoin osa auton ohjainlaitteista jää käyttöön, kuten myös auton alkuperäinen 24V järjestelmä.

Jos auto tulee tieliikennekäyttöön, tulee viranomaismääräykset huomioida heti konversioprosessin alussa. Turvallisuuteen liittyviä määräyksiä on hyvä noudattaa myös rekisteröimättömissä, suljetuilla alueilla operoivissa ajoneuvoissa ja työkoneissa, vaikka niissä ei ole katsastuspakkoa, eli Traficomien määräykset eivät koske niitä. Työturvallisuuteen liittyvät määräykset niitäkin toki koskevat.

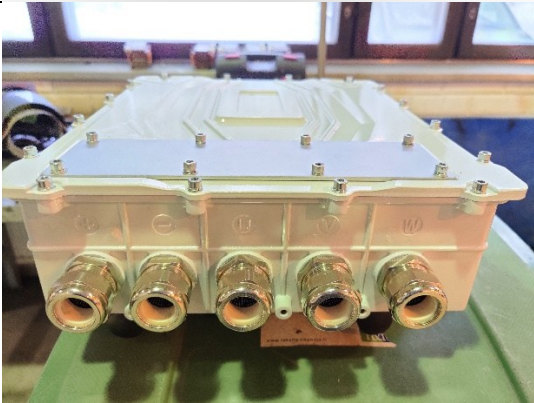
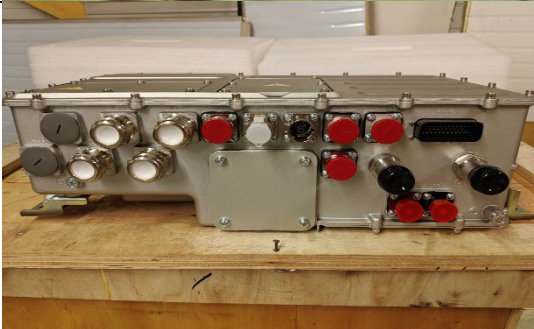
4.1. Sähkökuorma-auton peruskomponentit

Sähköinen voimalinja on periaatteessa hyvin yksinkertainen: Akusto ja sen hallintajärjestelmä, tehoelektroniikka jännite- ja tasa/vaihtovirtamuutoksiin sekä sähkömoottori. Lisäksi toiminta vaatii ohjausjärjestelmän, joka hallinnoi komponenttien toimintaa ja toteuttaa kuljettajan haluamat toimenpiteet sekä kommunikoi autoon jäävien alkuperäisten ohjainlaitteiden kanssa. Eri komponentit kommunikoivat yleensä CAN-väylätekniikan avulla. Lisäksi tarvitaan sähkötoimiset ilmakompressorit paineilmajärjestelmää ja hydraulipumppu ohjaustehostinta varten. Sähköisen voimalinjan komponentit on yleensä hankittu vapailta markkinoilta, eikä niillä ole tekemistä auton alkuperäisen valmistajan kanssa.

Suomessa tuotetaan useita sähköiseen voimalinjaan soveltuvia komponentteja: kestopagneettimoottoreita ja niiden ohjaimia, akuston moduleita, tehoelektroniikkaa ja digitalisia ohjaimia.

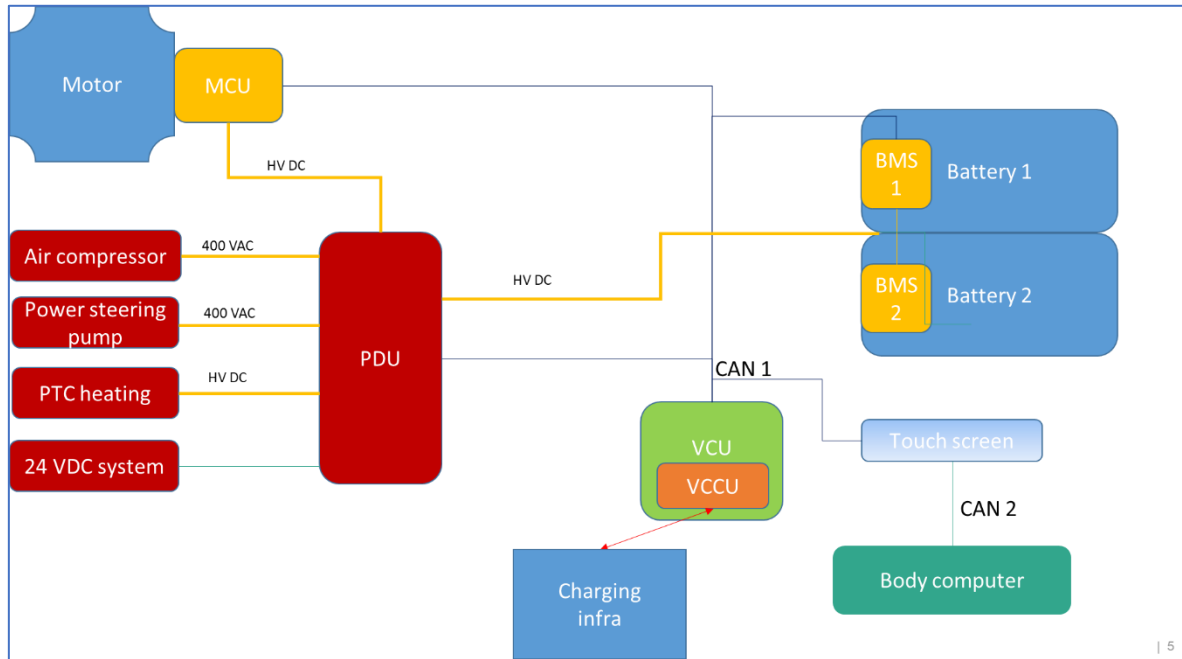
Peruskomponentit ovat seuraavat:

- Korkeajänniteakusto
 - Tyypillinen korkeajänniteakuston jännite on noin 450 – 750 VDC
 - Markkinoilla olevia akkukemioita:
 - Litium-rautafosfaatti (Lithium iron phosphate, LFP)
 - Litium-nikkelimangaanikoboltti (Lithium nickel manganese cobalt oxides, NMC)
 - Litium-titaanaatti (Lithium titanium-oxide, LTO)
- Akuston hallintajärjestelmä, Battery Management System BMS
- Ajomoottori, yleensä kestopagneettimoottori
- Tehoelektroniikka
 - Ajomoottorin invertteri/ohjain, Motor control unit MCU
 - DC/AC-muuntimet kompressorille ja hydraulipumpulle
 - DC/DC-muunnin 24 voltin järjestelmän jännitteen ylläpitoon
 - Aiemmin edellä mainitut muuntimet olivat erillisiä, mutta nykyisin usein muuntimet on integroitu yhteen laitteeseen, tehonjakoyksikköön (Power Distribution Unit, PDU)
- Ohjauselektroniikka
 - Näyttö järjestelmän tilan tarkkailuun ja säätämiseen
 - Auton ohjausyksikkö, Vehicle Control Unit VCU
 - Latauksen ohjain, Vehicle Charging Control Unit VCCU
 - Eri ohjaimet ja tehoelektroniikan komponentit kommunikoivat CAN-väylän välityksellä
- Hytin lämmitysvastus ja sen ohjain
- Auton sisäinen laturi korkeajänniteakustolle, OnBoard Charger OBC
 - Raskaassa sähköisessä kalustossa auton sisäinen laturi (Onboard charger, OBC) on joissain tapauksissa jätetty pois kokoonpanosta. Tällöin ajoneuvoa ladataan vain tasavirralla ulkopuolisesta latausasemasta.

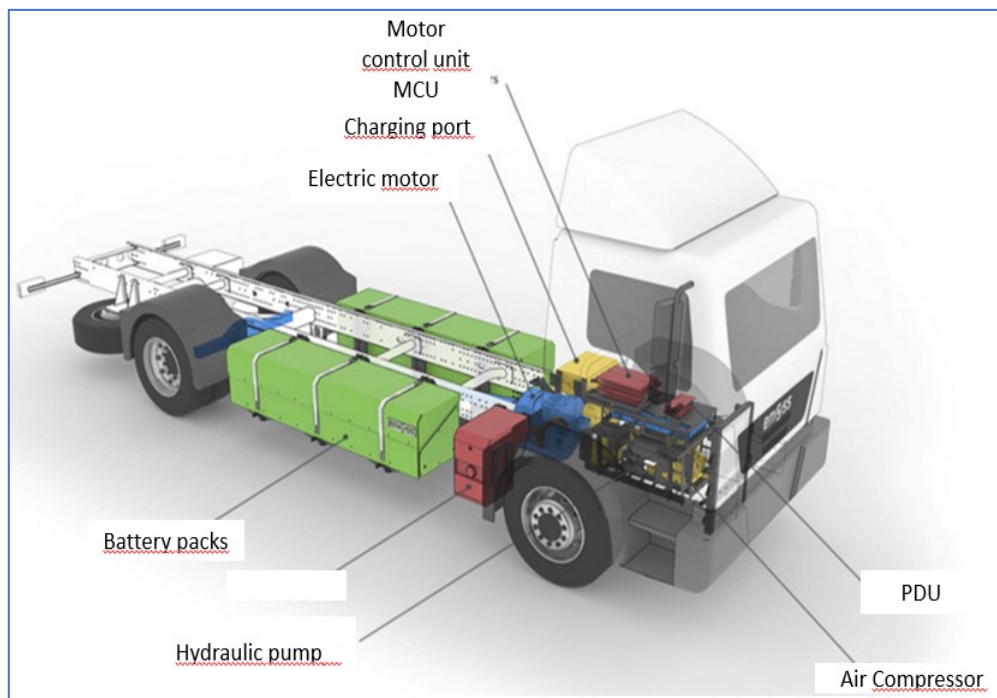
Pääkomponentit kuvina		
Kestomagneettimoottori	Permanent magnet synchronous motor PMSM	
Moottorin ohjain/invertteri	Motor Control Unit MCU	
Tehonjakoyksikkö	Power Distribution Unit, PDU	
Litium-rautafosfaattikemno, prismaattinen	Prismatic LFP cell	

Kuvassa 7 esitetään tyypillisen sähkökuorma-auton komponentit ja niiden väliset kommunikaatiöväylät ja korkeajännitekytkennät. Vihreällä pohjalla näkyvä koritietokone (Body computer) on auton alkuperäinen ohjainyksikkö, joka ohjaa auton perustoimintoja, kuten esimerkiksi valoja ja muita apulaitteita. Lisäksi siihen on kytketty lukuisa määrä analogisia toimilaitteita ja antureita, joiden välittämä analoginen data välitetään

digitalisena CAN-väylään muiden komponenttien käyttöön. Alkuperäinen koritietokone jää autoon ja sähköisen voimalinjan käyttöjärjestelmän on osattava kommunikoida sen kanssa, jotta auto toimii ongelmitta ja turvallisesti.



Kuva 7 Esimerkki sähkökuorma-auton komponenteista ja kommunikaatioväylistä. Keltaiset viivat kuvaavat korkeajännitekaapelointia ja siniset ohuet viivat kommunikaatioväyliä. Lähde: Pellinen, 2023.



Kuva 8 Konversiokuorma-auton komponenttien tyypillinen sijoittelu

Konversioautoissa on käytetty pääsääntöisesti litium-rautafosfaattikennoja (LFP). Ne ovat kestäviä ja edullisia hinnaltaan. Lisäksi ne kehittyvät jatkuvasti ja marraskuussa 2024 esiteltiin kennot, joiden lataus- ja purkuteho on nelinkertainen verrattuna aiemmin makkinoilla olleisiin LFP-kennoihin. Hinta on noin 35% aiempia LFP-kennoja kalliimpi. Tämä näyttäisi käytännössä vähentävän kalliimpien, lataus- ja purkuvirraltaan suurempien akkukemioiden (NMC, LTO) käyttöä tulevaisuudessa. Akkukennoja ja -moduleita saa helposti vapailta markkinoilta. Kennojen hinnat ovat laskeneet varsin merkittävästi ja kilpailu on myös vähentänyt määrälennuksia, joten pienilläkin toimijoilla on mahdollisuus hankkia akustoja järjkeillä hinnoilla.

Rungollinen kuorma-auto on varsin kiitollinen konversiokohde. Akustolle löytyy luonnollinen tila rungon molemmilta puolilta ja siksi akusto usein jaetaan kahteen identtiseen yksikköön. Kun dieselkäyttöinen voimalinja poistetaan, jää sähkömoottorille, tehoelektronikalle, ohjaimille ja apulaitteille hyvin tilaa. Kuva 8 esittää komponenttien tyypillisen sijoittelun. (Pellinen, 2023)

4.2. Toimenpiteet konversion toteutuksessa

4.2.1 Tarvekartoitus ja suunnittelu

Konversioprosessin toteutus aloitetaan tarvekartoituksella, jossa selvitetään auton tuleva käyttö ja käyttöympäristö. Jos tulevasta käytöstä on mahdollista saada mitattua dataa, voidaan sitä käyttää ajoprofiilin simulointiin ja simuloinnin tuloksia voidaan hyödyntää auton komponenttien ja niiden ominaisuuksien (akuston kapasiteetti ja jännite, moottorin teho ja vääntö jne.) määrittämiseksi. Konversioauton toteutuksessa voidaan ottaa käyttökohteen tarpeet ja vaatimukset varsin joustavasti huomioon. Esimerkiksi akuston kapasiteetti on mahdollista toteuttaa juuri tulevan ajoprofiilin mukaiseksi ja näin sekä tekniset että taloudelliset tekijät voidaan optimoida. Konversioprosessin vaiheet on esitetty kuvassa 9.

Ajoneuvon mahdolliset lisävarusteet on otettava huomioon kokonaisuutta suunnitellessa. Esimerkiksi sähkökäyttöinen voiman ulosotto aiheuttaa mahdollisesti muutoksia akustoon ja jäähdytysjärjestelmään kapasiteetin tai sijoittelun osalta. Myös kuormatilan mahdollinen sähkölämmitys muuttaa kokonaisuutta. Toisaalta erilaisten lisäkomponenttien käyttäminen konversioautossa on mahdollista, toisin kuin usein sarjavalmistetuissa sähkökuorma-ajoneuvoissa. Yleisin lisäkomponentti lienee lisähydrauliikan vaatima sähkökäyttöinen hydraulipumppu.

Suomessa vallitsevat ilmasto-olosuhteet on syytä huomioida konversioajoneuvon suunnittelussa. Ensimmäiset Suomeen tulleet sähkökuorma-autot oli konvertoitu Euroopassa ja niiden suunnittelu oli tehty Keski-Euroopan olosuhteiden mukaisesti. Erityisesti heikkovirtakaapeleiden osalta suojaukset olivat vajavaiset ja aiheuttivat ongelmia jo lyhyen käyttöajan jälkeen.



Kuva 9 Konversioprosessin vaiheet. Kuvat: Jukka Pellinen

4.2.2 Aihion valinta ja valmistelu

Konversion toteutus alkaa sopivan aihion valinnalla. Aihion valinnassa on hyvä kartoittaa potentiaalisten vaihtoehtojen kunto ja mahdollisten lisälaitteiden ja päällirakenteiden sopivuus tulevaan käyttöön. Huonosta aihioista ei ole tarkoituksenmukaista yrittää tehdä konversiota.

Kun aihio on löytynyt, puretaan auton mahdolliset päällirakenteet pois ja myös ne kunnostetaan tarvittaessa. Dieselkäyttöinen voimalinja apulaitteineen irrotetaan autosta eli moottori apulaitteineen, vaihteisto ja polttoaine- ja pakokaasujärjestelmät kokonaisuudessaan siirtyvät kierrätettäväksi tai edelleen käytettäväksi varaosina. Auton runko tarkastetaan ja tarpeen mukaan hiekkapuhalletaan ja maalataan. Akselistot ja jarrujärjestelmä on hyvä tarkistaa ja huoltaa tässä vaiheessa.



*Kuva 10 Käytetty konversioauto dieselvoimalinjan purun ja maalauksen jälkeen valmiina sähkövoimalinjan asennukseen.
Kuva: Jukka Pellinen*

4.2.3. Sähköisen voimalinjan asennus

Dieselkäyttöisen voimalinjan poistaminen jättää rungolliseen kuorma-autoon hyvin tilaa sähköisen voimalinjan asennukseen. Tehoelektroniikka ja apulaitteet voidaan asentaa erilliseen asennuskehikkoon. Asennuskehikon suunnittelussa voidaan tähdätä sarjavalmistukseen niin, että ainoastaan kehikon kiinnitys auton runkoon muuttuu auton merkin mukaan. Asennuskehikon tehoelektroniikan komponentit saadaan osin kytkettyä jo ennen asennusta itse ajoneuvoon ja tämä nopeuttaa ja helpottaa asennusta ja erityisesti kaapelointia (Kuva 11).

Komponenttien kiinnittämisessä on syytä hyödyntää rungon alkuperäisiä asennuskohtia mahdollisimman paljon. Ajoneuvon runkoon saa tehdä muutoksia ainoastaan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Rungon muutoksissa syntyneet hitsausaumat tulee esittää katsastajalle pintakäsittelimättöminä, sinkittyinä tai maalattuina (Traficom, 2021).

Asennuksissa tulee noudattaa myös E100-määräyksiä kyseisen auton käyttöönottoajankohdan määräämän sääntörevision mukaisesti.

Konversioprosessi tulee kokonaisuudessaan toteuttaa turvallisuusnäkökulmaa korostaen. Tuotannossa normaalin työturvallisuuden lisäksi tulee huomioida korkeat jännitteet eli toimenpiteissä tulee noudattaa sähköturvallisuuslakia (1135/2016). Sähköturvallisuuslain vaatimukset käsitellään kohdassa Ajoneuvon suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida toiminnallinen turvallisuus, rakenteiden kestävyys ja alleajosuojaus sekä turvallisuus onnettomuustilanteissa. (Linja-aho, 2023).

Turvallisuusnäkökulma koskee myös autojen ylläpitoa eli huoltoa ja korjauksia.



Kuva 11 Kuva 12 Tehoelektroniikan asennuskehikko autossa. Kuva: Jukka Pellinen

4.2.4. Konversioauton testaus ja mittaukset

Komponenttien asennuksen ja kaapeloinnin jälkeen tehdään E100-säännön mukaiset testit ja mittaukset. Turvallisuuden kannalta tärkeimmät mittaukset ovat sähköisen voimalinjan komponenttien potentiaalierojen ja korkeajännitekaapeleiden eristysvastusmittaukset. Eristysvastusmittauksen osalta sääntö määrittelee vaadittavat olosuhteet mittauksille, eli lämpötilan tulee olla $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ja ilman kosteuden $90\% +10/-5\%$. Traficomien määräys autojen teknisistä vaatimuksista (kohta 3.9) kuitenkin vapauttaa ilmankosteuden vaatimuksesta ja eristysvastusmittaus voidaan tehdä vapaasti ulkoilmassa.

Turvallisuuteen liittyvien mittausten jälkeen testataan digitaalisen ohjausjärjestelmän toiminta ennen korkeajännitteen kytkentää.

Huolella tehdyt mittaukset ja testaus edesauttavat onnistunutta E100-säännön mukaista sähköturvallisuuskatselmusta sekä takaavat laadukkaan ja luotettavan lopputuloksen.

Sähköisen voimalinjan testauksen jälkeen tehdään perinteiset testaukset jarrujen, ohjauksen ja akselistojen osalta. Nämä testit eivät poikkea polttomootoriauton testauksesta.

4.3. Konversioauton käyttöjärjestelmä ja kommunikaatioväylät

Toimiva sähköinen voimalinja vaatii luonnollisesti käyttöjärjestelmän, joka ohjaa auton toimintaa kuljettajan toiminnan mukaisesti. On huomattava, että konversioautoon jää useita auton alkuperäisiä ohjainlaitteita ja käyttöjärjestelmän on kyettävä kommunikoimaan niiden kanssa. Samalla käyttöjärjestelmän on huolehdittava siitä, että poistettujen dieselkäyttöisen voimalinjan komponenttien puuttuminen ei aiheuta vikatilanteita järjestelmässä. Esimerkiksi auton jarrujärjestelmä tarvitsee tiettyjä tietoja ajoneuvon keskusyksiköltä (VCU) toimiakseen oikein. Eli sähköisen voimalinjan käyttöjärjestelmän on pystyttävä hoitamaan auton tiedonhallinta niin, että auto toimii turvallisesti ja ettei konversio itse aiheuta vikatilanteita.

Konversioauton käyttöjärjestelmän toteuttaminen on ehkä koko konversioprosessin monimutkaisin ja vaativin osa-alue, mutta on valmistuttuaan pitkälti monistettavissa ja hyödynnettävissä muissa konversioautoissa. Sen onnistunut toteutus helpottaa myös jatkossa tehtäviä ohjelmisto- ja komponenttipäivityksiä.

CAN-väylä on ollut jo pitkään käytössä kaikissa ajoneuvoissa. Society of Automotive Engineers -standardi SAE J1939 on ajoneuvoväylän protokolla, jota käytetään ajoneuvon osien väliseen viestintään ja diagnostiikkaan. Se on peräisin auto- ja raskaiden kuorma-autojen teollisuudesta Yhdysvalloissa, ja sitä käytetään nykyään laajalti muualla maailmassa. Periaatteessa useat kuorma-autovalmistajat ovat sitoutuneet käyttämään J1939-standardia, mutta käytännössä lähes kaikki ovat toteuttaneet väyläkommunikaation omia piirteitä. Autovalmistajat eivät usein kerro autojen väyläkommunikaation toteutuksesta ja viestien yksityiskohdista mitään. Tämä tekee konversioauton käyttöjärjestelmän toteutuksesta varsin haasteellista, koska eri komponenttien kommunikointi on selvitettävä analysoimalla CAN-väylästä tallennettua dataa.

Käytännössä uuden, aiemmin konvertoimattoman ajoneuvon kommunikaation selvittäminen vaatii huomattavan paljon aikaa. Tekniikka selvitystyöhön on olemassa, mutta itse selvitystyö vaatii aikaa. Toisaalta työ on pitkälti kertaluonteista, eli sen tuloksia voidaan pitkälti soveltaa samaa merkkiä ja mallia oleviin autoihin. Auton lisävarusteet saattavat kuitenkin aiheuttaa muutostarpeita autoyksilöiden käyttöjärjestelmään.

Auton käyttöjärjestelmän tulee myös omalta osaltaan huolehtia E100-säännön vaatimusten mukaisista turvallisuusvaatimuksista sekä ajoneuvon ajamiseen että lataamiseen liittyen. Käytännössä käyttöjärjestelmän ohjelmointi edellyttää ajoneuvon alkuperäisen CAN-väyläliikenteen perinpohjaista tuntemusta, jotta sähköisen voimalinjan käyttöjärjestelmä osaa kommunikoida eri komponenttien kanssa ja toimia vaatimusten mukaisesti myös häiriötilanteissa.

Sähköisen voimalinjan vahvuuksia on sen digitaalinen ohjattavuus. Tämä mahdollistaa ajoneuvon teknisten säätöjen toteuttamisen esimerkiksi kosketusnäytön avulla ja lisäksi kuljettajalle voidaan näyttää yksityiskohtaisiakin tietoja ajoneuvosta, voimalinjasta ja sen toiminnasta. Myös mahdollisissa vikatilanteissa tieto häiriöstä saadaan kuljettajan tietoon helposti ja halutulla tarkkuudella.

4.4. Konversiokuorma-autojen energiatehokkuus

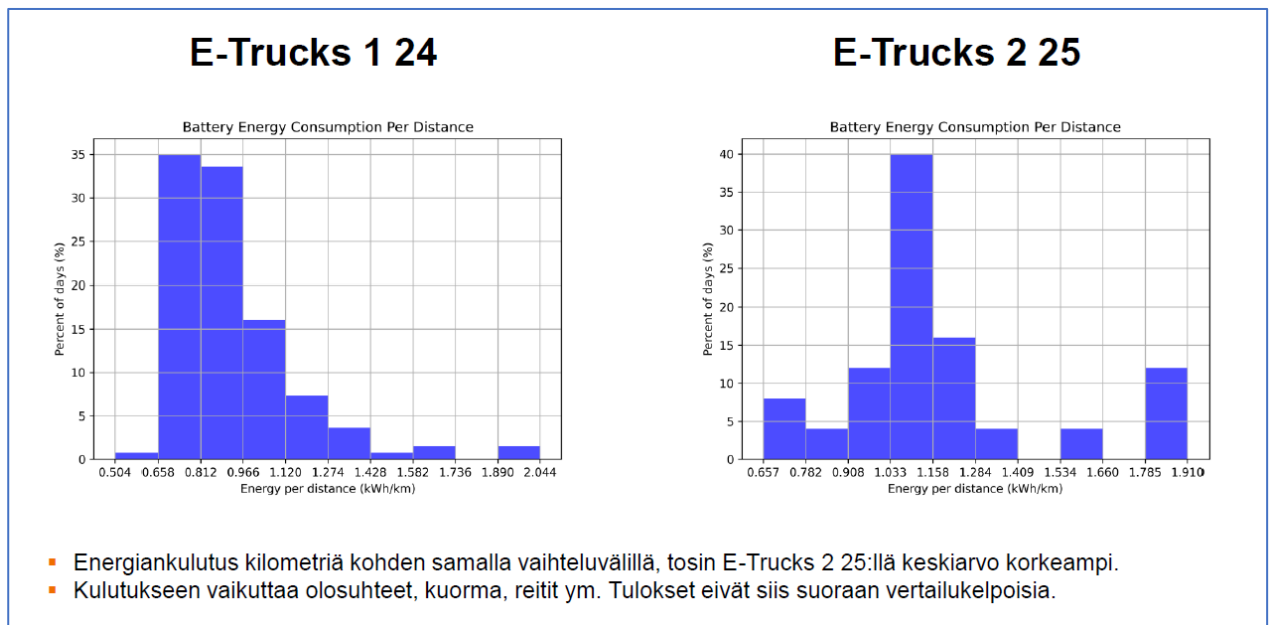
Suomessa olevia konversioautoja on tutkittu ja testattu useissa tutkimushankkeissa ja tutkimukset jatkuvat. Tällaisia hankkeita ovat muun muassa:

- [eTruck: suomalainen verkkoalusta tukee tehokkaita sähkökuorma-autoja](#)
- [mySMARTLife](#)
- [SeCLog – älykäs sähköinen kaupunkilogistiikka](#)
- [SixHove – Heavy Onroad Vehicles](#)
- [Keuruun sähköisten hyötyajoneuvojen TKI-keskus](#)

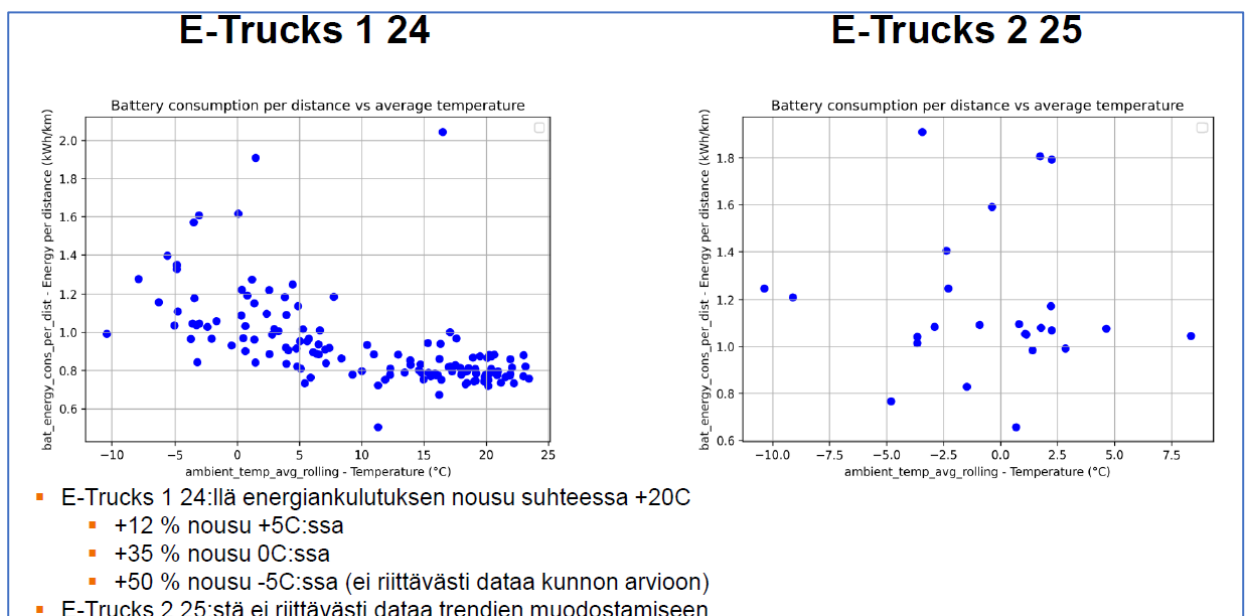
VTT:n hallinnoimassa SixHove-hankkeessa autoista kerätään reaaliaikaista tietoa analysoinnin perustaksi. Ensimmäisistä autoista alkaa olla jo riittävästi tietoa alustavien johtopäätösten tekemiseen. Yksi suurimmista mielenkiinnon kohteista on autojen energiatehokkuus eri olosuhteissa. Mittausten ja analysoinnin perusteella näyttää siltä, että konversioautojen energiatehokkuus on hyvin lähellä sarjavalmisteisia autoja, jollei jopa hieman parempi. Tiedonkeruu ja analysointi jatkuu 2025 syksyyn asti ja tarkempia johtopäätöksiä voidaan tehdä loppuvuodesta 2025.

16 tonnisen jakeluauton keskimääräinen energiankulutus on mittausten mukaan noin 0,7-0,8 kWh/km. Tulos vastaa varsin tarkasti aiempia sarjavalmisteisilla autoilla tehtyjä mittauksia. Kuvassa 10 on esitetty mittaustuloksia kahdesta konversioautosta. E-trucks 2 on ollut vasta lyhyen aikaa ajossa, joten dataa ei ole vielä riittävästi tarkempien johtopäätösten tekemiseen.

Ulkolämpötilalla ja sääolosuhteilla on tunnetusti suuri vaikutus sähköautojen energiankulutukseen. Kuva 11 esittää mittaustuloksia lämpötilan vaikutuksista. Kuluva talvi 2024-2025 on ollut lämmin, joten erittäin kylmistä olosuhteista ei ole vielä saatu dataa riittävästi. Kuitenkin on selvää, että 20 asteen pudotus lämpötilassa (20°C->0°C) aiheuttaa noin 35 %:n kasvun kulutukseen. Tästä kylmempien lämpötilojen vaikutuksesta on vielä vähän dataa, mutta kulutus näyttäisi kasvavan noin 50 %. Tienpinnan olosuhteet tulee jatkotutkimuksissa saada tarkemmin kartoitettua. Aiemmissa mittauksissa ja tutkimuksissa on havaittu, että esimerkiksi märkä ja loskainen tien pinta nostaa energiankulutusta merkittävästi.(Hietalahti, 2019).



Kuva 13 Konversioautojen energiankulutus kilometriä kohden Lähde: Joel Anttila, 2025



Kuva 14 Energian kulutus suhteessa ulkolämpötilaan Lähde: Joel Anttila, 2025

Kylmissä olosuhteissa tehtävien ajosuoritteiden energiankulutuksessa on myös kuljettajan toimilla selkeä vaikutus. Ohjaamon lämpötila, regeneraation käyttö ja ajotapa ylipäättään vaikuttavat energian kulutukseen. Tiedonkeruu ja mittaukset jatkuvat ja tarkempia yhteenvetoja kokonaisuudesta tehdään lähiaikoina. Joka tapauksessa näyttää siltä, että kaupunkijakeluun soveltuvien konversioautojen energiatehokkuus vastaa sarjavalmistestien autojen energiatehokkuutta. (Hietalahti, 2019).

5. Konversion toteutuksen onnistumisen taloudelliset ja tekniset edellytykset

5.1. Komponentit ja tekninen toteutus

Konversioauton edellytykset toimia suunnitellussa tehtävässä ja ympäristössä vaativat oikeaa ennakkointia suunnittelutyössä. Moottorin ja akuston teho tulee olla oikeassa suhteessa tarpeeseen ja akuston purku- ja latausteho riittävä päivittäiseen käyttöön ja ympäristöön. Toisaalta Traficomien määräyksen mukaan voimalinjan teho ei saa kasvaa yli 20% alkuperäisestä. Tässä on kuitenkin huomattava, että sähköisen voimalinjan maksimitehon määräytyminen poikkeaa polttomoottorin vastaavasta. Akuston maksimipurkuvirta saattaa käytännössä määrätä voimalinjan tehon, ei välttämättä moottorin ilmoitettu teho.

Komponenttien ja niiden ominaisuuksien monipuoliset vaihtoehdot mahdollistavat konversioautojen suunnittelussa asiakaskohtaisen räätälöinnin. Autoon voidaan lisätä akkukapasiteettia asiakkaan tarpeen mukaan ja myös haluttujen lisätoimintojen ja -varusteiden lisääminen onnistuu. Sarjavalmistestien autojen räätälöinti on huomattavasti rajallisempaa. Esimerkiksi hydraulisten lisälaitteiden, kuten nostolaitteiden, asennus voi vaatia sellaisia muutostöitä, joita sarjavalmistetun auton valmistaja ei salli.

Komponenttien valinta tulee tehdä niin, että valitut komponentit vastaavat toteutuskohteen alkuperäisiä komponentteja. Esimerkiksi sähkötoimisen kompressorin maksimipaine ja tuotto tulee olla vähintään samalla tasolla kuin ajoneuvon alkuperäisen kompressorin. Tämä pätee käytännössä kaikkiin komponentteihin.

Konversion kohteen käyttöön jäävät komponentit ja niiden CAN-väyläkommunikaatio tulee saada selville, jotta kaikki komponentit toimivat oikein. Uusimmissa autoissa on älykkäitä komponentteja ja kuljettajaa avustavia toimintoja yhä enemmän ja niiden toiminnan varmistaminen on tärkeä osa konversion onnistumista.

Tätä hidastaa usein se, että valmistajat eivät välttämättä ole halukkaita luovuttamaan kommunikaation määrittämiä ja konversion toteuttajan on tehtävä joskus mittaviakin työrupeamia asioiden selvittämiseksi.

Konversioautojen aihiot ovat jokainen omia yksilöitään ja niiden varustus saattaa poiketa merkittävästi toisistaan, vaikka autot saattaisivat olla periaatteessa samaa mallia ja vuosikertaa. Tällöin konversioprosessikin todennäköisesti on jossain määrin erilainen ja toteutus itse ajoneuvossa erilainen. Kun konversioautoja tuotetaan enemmän, tulee autojen elinkaaren hallinta olla hyvin määritelty. Tämä tarkoittaa käytännössä PLM-järjestelmän (Product Lifecycle Management) käyttöä jo hyvin aikaisessa vaiheessa ja sitä tulee käyttää kattavasti eli sen tulee sisältää myös autojen ohjelmistojen versionhallinnan muiden komponenttien lisäksi. Autojen käyttöjärjestelmät saattavat poiketa toisistaan vain vähän, mutta käytännössä väärä versio väärässä autossa aiheuttaa varmasti toimintaongelmia.

5.2. Jälkimarkkinointi, ajoneuvojen ylläpito ja työturvallisuus

Ajoneuvojen turvallisuus taataan säännöllisellä ylläpidolla ja huollolla. Huoltojen suorittaminen tulee voida suorittaa turvallisesti. Sähkökuorma-autoissa käyttövoima saadaan

korkeajänniteakustoista ja tältä osin huolto- ja ylläpitotoimenpiteisiin liittyvät työturvallisuusvaatimukset poikkeavat polttomoottorikäyttöisistä ajoneuvoista. Näin ollen huoltotoissa tulee noudattaa sekä työturvallisuuslakia että sähköturvallisuuslakia.

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 (55§) edellyttää toiminnanharjoittajalta sähkötöiden johtajan nimeämisen. Johtajalta vaaditaan riittävä työkokemus, koulutus ja sähköturvallisuustutkinto. Lakiin on kuitenkin kirjattu tieliikennekäyttöön soveltuvia sähköajoneuvoja koskeva poikkeus (56§, kohta 1):

Edellä 55 §:ssä säädettyistä vaatimuksista voidaan poiketa:

-tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä, jos henkilö on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähköön vaaroihin;

Käytännössä sähköturvallisuuslain vaatimukset autoalan osalta täyttyvät SFS6002-standardin mukaisella sähköturvallisuuskoulutuksella ja perehtymällä kohteena olevan ajoneuvon tekniikkaan. Parhaiten ajoneuvon perehtyminen onnistuu valmistajan tai konversion toteuttajan pitämällä koulutuksella. SFS6002-standardin mukaisia koulutuksia voi suorittaa useissa eri paikoissa ja se onnistuu myös verkkokoulutuksena. Koulutus kestää yleensä päivän.

Sähkökonversion toteuttajalle edellä mainitut lait ja standardit tuovat tarpeen järjestää myös konversioajoneuvon dokumentointi ja ohjeistus riittävän laadukkaalle tasolle. Sähköisen voimalinjan kytkentäkaaviot ja toimintaohjeet on oltava huoltoyritysten saatavilla helposti ja niiden tulee olla ajan tasalla. Esimerkiksi jännitteettömäksi tekeminen on yksi tärkeimpiä asioita turvallisuuden kannalta. Dokumentaation riittävä laatu ja ajan tasalla pysyminen edellyttää konversion toteuttajalta käytännössä aiemmin mainittua PLM-järjestelmän käyttöönottoa ja hyödyntämistä.

Sähkökuorma-autot ovat varsin uusia tuotteita. Kehitys on ollut nopeaa ja tämä saattaa näkyä myös autojen toimintavarmuudessa. Ensimmäisten sarjavalmistestien sähkökuorma-autojen ja konversioautojen häiriöherkkyys on ollut polttomoottoriautoja suurempi.

Tilanne on kuitenkin parantunut kehitystyön ja ajan myötä. Myös osaavan huolto- ja korjaushenkilöstön puute on ollut omiaan aiheuttamaan ongelmia autojen ylläpidon kanssa. Osaavan henkilökunnan koulutus on kuitenkin saatu käyntiin ja myös eri koulutusasteiden koulutusohjelmat kehittyvät oikeaan suuntaan.

Joka tapauksessa konversioautojen valmistajien on huolehdittava ajoneuvojen ylläpidosta ja varaosien saatavuudesta. Nopea kehitys on omiaan asettamaan haasteita esimerkiksi varaosien saatavuudesta. Esimerkiksi Suomen ensimmäisen sähkökuorma-auton akkujen hallintajärjestelmään ei enää saa varaosia. Tällaisiin tilanteisiin tulisi varautua suunnitelmallisesti pitämällä auton käyttöjärjestelmän lähdekoodi saatavilla ja tilanne helpottuu jossain määrin, jos konversioautojen valmistaja tuottaa myös auton käyttöjärjestelmän itse tai hankkii käyttöoikeuden lähdekoodiin. Silloin uusien ja erilaisten komponenttien integrointi on mahdollista. Tällöin myös uusien ja ominaisuuksiltaan parempien komponenttien käyttöönotto aiemmin toteutettuun konversioautoon on mahdollista. Ajoneuvon alkuperäisten käyttöön jäävien ohjaimien (koritietokone jne.)

ohjelmistoihin ei ole tarvetta tehdä muutoksia, vaan kaikki muutokset tehdään sähköisen voimalinjan ohjaimiin.

Konversioautojen sarjatuotannon tavoittelussa yhtenä merkittävänä osa-alueena tulee olla autojen kattava huolto- ja korjausverkosto. Kuorma-autot ovat ammattikäytössä ja niiden toimintavarmuuden ja -turvallisuuden tulee olla korkealla tasolla. Näyttää siltä, että isoimmat kaupungit ovat ensisijaisia käyttöalueita sähkökuorma-autoille ja huoltoverkosto tulee rakentaa ensisijaisesti kattamaan nämä kaupungit. Edellä mainittu osaavan ja koulutetun henkilökunnan löytäminen on selkeä haaste ja henkilökunnan koulutukseen tulee panostaa.

6. Viranomaismääräykset ja -vaatimukset

Tällä hetkellä raskaan kaluston sähkökonversioille ei ole erillisiä viranomaismääräyksiä. Ajoneuvojen muuttamista käsittelee ajoneuvolain 7§, jonka mukaan auton täytyy täyttää muutoksen jälkeen ensimmäisen käyttöönottohetkellä voimassa olleet vaatimukset. Konversion valmistuttua auto tulee rekisteröidä tai jos auto on jo ajoneuvorekisterissä, tulee sen käyttövoima muuttua sähköiseksi.

Traficomın määräykset autojen ja niiden perävaunujen teknisistä vaatimuksista (Traficom, 2023) sekä autojen ja niiden perävaunujen rakennemuutoksista (Traficom, 2021) määrittelevät ajoneuvojen tekniset vaatimukset. Teknisten vaatimusten kohdassa 3.9 esitetään vaatimus yksittäishyväksynnässä, rekisteröintikatsastuksessa tai muutokatsastuksessa E-säännön nr 100 mukaisten vaatimusten täyttämisestä.

E-sääntö numero 100 on sähköisellä voimalinjalla varustettujen ajoneuvojen turvallisuutta koskeva E-sääntö, joka sisältää vaatimukset ajoneuvon sähköturvallisuudelle, toiminnalliselle turvallisuudelle sekä korkeajänniteakun paloturvallisuudelle. Säännöstä on viimeksi julkaistu tarkistettu versio maaliskuussa 2022 (3. tarkistettu versio). Alkuperäinen sääntö on vuodelta 1997 ja kaksi muuta tarkistettua versiota vuosilta 2011 ja 2013. Vuoden 2013 versiossa sääntöön lisättiin kattavat testivaatimukset ajoakun paloturvallisuudelle. (Linja-aho, 2023)

Ajoneuvon, joka on otettu käyttöön 21 päivänä elokuuta 2002 tai sen jälkeen, tulee sähkökäyttöiseksi muutettaessa täyttää ajoneuvon käyttöönottoajankohdan mukaiset E-säännön 100 vaatimukset. Kuitenkin sähkömagneettisen yhteensopivuuden (EMC) osoittamiseksi riittää muutossarjan valmistajan antama todistus soveltuvuudesta muutoksen kohteena olevaan ajoneuvoon, tai kaikista korkeajännitelaitteiden osista osoitus EMC-yhteensopivuudesta. (Traficom, 2021)

Muutokatsastuksessa tulee myös esittää sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) tarkoitetun valtuutetun laitoksen tai tarkastajan lausunto. Käytännössä lausunnon saaminen edellyttää asiantuntijaorganisaation tekemää tarkastusta ja mittauksia paikan päällä. Lausunnon tekeminen aiheuttaa merkittävän kustannuksen muutokatsastukselle. Olisikin toivottavaa, että valtuutettuja asiantuntijatahoja olisi enemmän, jotta kilpailu kohtuullistaisi pelkästä lausunnosta aiheutuvia kustannuksia.

Viimeisin julkistettu E100-sääntö vaatii E100-sertifioidun akuston käytön ajoneuvossa. Tämä on otettava jo konversioauton suunnittelussa huomioon, koska sertifioitu akusto yhtenä yksittäisenä vaatimuksena saattaa aiheuttaa merkittävän lisäyksen kustannuksiin. Saattaakin olla, että konversiotoiminnassa olisi järkevää suunnitella tuotanto pelkästään sertifioitujen akkumodulien käyttöön. Tällöin akusto täyttää kaikkien E100-säännön revisioversioiden vaatimukset.

Ennen 21.8.2002 käyttöön otetun ajoneuvon muutoskatsastuksessa on vähäisemmät vaatimukset, mutta tuon ajankohdan aikaiset ajoneuvot eivät ole tämän selvityksen kohteita.

Tällä hetkellä viranomaisten asiantuntemus uuden tekniikan osalta on omalta osaltaan vaikeuttanut konversioautojen toteutusta. Tilanne kuitenkin paranee koko ajan ja määräykset tarkentuvat. Lisäksi katsastusviranomaiset oppivat vaatimaan ja tarkastamaan oikeita asioita.

Konversioautojen tuotannossa, käytössä ja ylläpidossa on huomioitava myös sähköturvallisuuslaki. Se määrittää toimijoilta vaadittavat koulutukset ja muut toimintaympäristössä huomioitavat asiat. Raskaiden sähköajoneuvojen jännitteet ovat käytännössä aina suuremmat kuin sähköturvallisuuslaissa määritelty jänniteraja-arvo.

Sarjavalmisteiset ajoneuvot ovat tyyppihyväksytyjä, kun taas konversioajoneuvot yksittäishyväksytyjä.

7. Teknistaloudellinen pohdinta optimaalisista konversiokohteista

Sähkökuorma-autojen määrä Suomessa on edelleen vaatimaton, mutta määrä kasvaa kuitenkin nopeasti. Tällä hetkellä rekisteröityjä autoja on yli 140, joista noin 15 yhdistelmäajoneuvoja. Yhdistelmäajoneuvoja on tulossa lähitulevaisuudessa lisää, mutta käytännössä kaikki liittyvät jonkinlaiseen pilottihankkeeseen. Potentiaaliset käyttäjät odottavat ehkä tulossa olevaa megawattitason latausjärjestelmää (MCS – Megawatt Charging System). Nykyisistä yhdistelmäajoneuvoista muutama on oppilaitosten käytössä. Suurin osa sähkökuorma-autoista kuuluu 12-24t kategoriaan, eli ne ovat jakelukäyttöön soveltuvia ja tarkoitettuja autoja.

Kaupunkijakeluun soveltuvista sähkökuorma-autoista on jo suhteellisen paljon tutkittua tietoa ja sähköinen voimalinja soveltuu hyvin tämän tyyppiseen käyttöön. Autojen ajokantamat ovat täysin riittävät ja uusimpien autojen lataustehot mahdollistavat autojen käytön myös useammassa peräkkäisessä työvuorossa. Tasavirralla tapahtuvan latauksen tehon paraneminen on ollut merkittävä muutos autojen käytettävyydessä ja samalla autoja on mahdollista yksinkertaistaa jättämällä vaihtovirralla toimiva auton sisäinen latauselektroniikka kokonaan pois.

Tällä hetkellä konversioautojen taloudellinen potentiaali näyttäisi olevan parhaimmillaan 12-18t jakoautojen kohdalla. Tämän tyyppisten autojen tekniikka ja ominaisuudet ovat jo sillä kehitysasteella, että sarjatuotannon valmistelu on ajankohtaista. Raskaampien autojen konversiot ovat enemmän projektikohtaisia pilottiajoneuvoja, joilla toteutetaan tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintana, eivätkä ne ole vielä sarjatuotannon kannalta relevantteja. Kehitys on kuitenkin nopeaa ja tilanne voi muuttua nopeastikin TKI-hankkeiden edetessä.

Kaupunkijakeluun soveltuvien konversioautojen kokonaispainon muutos näyttää olevan maltillinen. Toteutetuissa ajoneuvoissa 16 tonnin jakautojen kokoluokassa omapaino on kasvanut 500-600 kg akkukapasiteetista riippuen. Vastaavissa sarjavalmisteisissa autoissa sähköauto on noin 1500 kg painavampi kuin vastaava dieselauto.

Konversioautossa myös päällirakenteet on mahdollista käyttää uudelleen, jolloin kiertotalouden näkökulma korostuu entisestään. Päällirakenne on myös merkittävä kustannuserä uuden auton hankinnassa, joten toimivan ja hyväkuntoisen olemassa olevan rakenteen käyttö pienentää kokonaisinvestointia.

Sähköisen voimalinjan peruskomponentit ovat periaatteessa samanlaisia, olipa käyttökohteena sitten auto, vene tai vaikkapa työkone. Erityisesti työkoneiden konversiotoiminta saattaisi olla hyvinkin mielenkiintoinen. Erilaisia työkoneita on käytössä merkittävä määrä ja niiden käytön energiatehokkuus ja päästöt vaativat tulevaisuudessa paljon selvityksiä ja tutkimusta. Konversiokuorma-autojen parissa saatu kokemus voi olla hyödyllinen tätä pohdittaessa.

Kaupunkijakeluun soveltuvan 12-18t jakauton konversiokustannukset asettuvat tällä hetkellä uuden sähkökäyttöisen ja dieselkäyttöisen auton hankintakustannuksen puoliväliin. Tällöin konversioauto on sähköiseltä voimalinjaltaan uusi ja runko, akselistot ja apulaitteet kunnostettu tai huollettu. Jos ja kun konversiotoiminnassa päästään sarjatuotantovaiheeseen, voidaan konversiokustannusten odottaa laskevan. Sarjavalmistuksesta käytettyihin autoihin ei ole vielä kokemuksia, joten vaikutuksen arviointi on vaikeaa.

8. Konversioliiketoiminnan potentiaali kotimaassa ja viennissä

Sarjavalmistesten kuorma-autojen tuotanto on alkanut hitaasti ja kaikki valmistajat eivät pysty toimittamaan autoja kohtuullisella toimitusajalla. Sarjavalmistesten kuorma-autojen hinnat ovat noin kolminkertaisia vastaavaan dieselkäyttöiseen autoon verrattuna. Kuljetusliikkeet eivät ole valmiita investoimaan kalliisiin sähköautoihin, koska ison investoinnin kustannuksia on vaikea siirtää asiakkaan maksettavaksi tiukassa kilpailutilanteessa.

Konversioauto – erityisesti käytetystä autosta toteutettu - voisi olla varteenotettava vaihtoehto, jos auton hinta saadaan uuden sarjavalmisteen sähkökuorma-auton ja uuden dieselauton puoliväliin. Sähkökuorma-autojen ominaisuudet ovat tietyissä käyttöympäristöissä dieselautoja parempia. Erityisesti kaupunkiympäristöjen jakeluatot ovat konversioliiketoiminnan kannalta mielenkiintoisia ja potentiaalisia.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio esittää tiedotteessaan konversioajoneuvojen maailmanlaajuisten markkinoiden kokoluokan olleen 65,94 miljardia dollaria vuonna 2024, ja sen ennustetaan ylittävän noin 144,61 miljardia dollaria vuoteen 2034 mennessä. Tämä voi tarjota suomalaiselle osaamiselle merkittävän vientipotentiaalin jo lähitulevaisuudessa.

Raskaan kaluston konversiotoiminta mainitaan Euroopan komission autoalan toimintasuunnitelmassa (European Commission, 2025) , ja se tulee olemaan erityisen tärkeä pieni- ja keskituloisille maille, jotka tuovat yhä enemmän käytettyjä polttomoottoriajoneuvoja ja joiden on vauhditettava ajoneuvokannan hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. (UNECE, 2025)

Konversioautojen hinnoittelu on liiketoiminnan potentiaalin kannalta ratkaiseva. Konversioautojen tuotannossa tulee päästä massatuotantoon, jotta kustannusrakenne saadaan kannattavaksi. Käytetyistä autoista toteutettavat konversiot ovat erityisen mielenkiintoisia, koska tällöin olemassa olevaa kalustoa voidaan hyödyntää ja autoista purettavat osat voidaan kierrättää joko varaosina tai uusiokäytössä muiden ympäristöjen voimanlähteinä. Käyttöarvoltaan auto kuitenkin on hyvin lähellä uutta, ja auton elinkaari alkaa tavallaan alusta.

Konversioauton toteutus tukee kiertotaloutta ja useat yritykset ovat nostaneet kiertotalouden yhdeksi merkittäväksi vastuullisuusargumentiksi. Posti on perustanut erityisen kiertotalousosaston edistämään kiertotalouden toteutumista Postin ja sen yhteistyökumppaneiden toiminnassa. Postin tavoitteena on täysin hiilineutraalit kuljetukset vuoteen 2030 mennessä ja pitää konversioautoja yhtenä merkittävistä ratkaisuvaihtoehdoista tavoitteen saavuttamisessa.

Posti arvioi nollapäästöisten autojen tarpeeksi yli 100 kappaletta vuodessa, jotta hiilineutraaliustavoite voi toteutua. Lisäksi Postin omistamat ulkomaiset yritykset ovat kiinnostuneita konversioautoista. Postilla on yrityksiä Baltian maissa ja Ruotsissa. (Posti, 2024).

Posti otti ensimmäisen konversioauton (kuva 10) käyttöönsä 2023 syksyllä ja toisen 2025 alussa. Autoissa on tiedonkeruulaitteet ja niistä kerätään jatkuvasti dataa kehitystyötä varten. Data on myös komponenttivalmistajilla käytössä ja ne voivat kehittää omia tuotteitaan datan avulla. Samalla Posti voi kehittää ja suunnitella omia toimintojaan tehokkaasti. PostEurop palkitsi Postin ensimmäisen konversioauton toteutuksen innovaatiokilpailussaan syksyllä 2024 (PostEurop, 2024).

Euroopassa konversiotoiminta kuorma-autojen osalta on ollut taloudellisesta näkökulmasta haastavaa. Useat konversioita tekevät yritykset ovat olleet vaikeuksissa, ja konkursseltakaan ei ole välttytty. Käytännössä kaikki toimijat ovat tehneet konversioautot pääosin uusiin autoihin, jolloin konversioaihio muodostaa merkittävän kustannuserän. Käytettyyn autoon tehty konversio muuttaa kustannuksia merkittävästi. Suomessa toteutetut konversiot ovat olleet pilottiautoja, mutta kokemukset niistä ovat olleet positiivisia. Seuraava askel tuotannon kehittämisessä tulee olla siirtyminen kohti sarjavalmistusta, jolloin komponenttien hankinnassa ja ohjelmistokehityksessä saadaan säästöjä

Eri maiden viranomaisvaatimukset konversioautoille poikkeavat toisistaan jonkin verran. Jos konversioautojen tuotantoa aiotaan markkinoida ulkomaille, tulee kohdemaiden viranomaismääräykset selvittää tarkasti. Euroopassa pohjana on kuitenkin käytännössä lähes aina E100-sääntö, sen tulkinnassa ja muissa vaatimuksissa saattaa kuitenkin olla eroja. Sähkökuorma-autot ja niiden konversiot ovat kuitenkin niin uusi asia, että viranomaismääräyksetkään eivät ole aina ajan tasalla. Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomissio on aloittanut hankkeen, jossa eri maiden viranomaismääräyksiä pyritään yhtenäistämään.



Kuva 15 Postin ensimmäinen konversioauto lataamassa

9. Yhteenveto

Dieselkäyttöisen kuorma-auton konvertointi sähköiseksi on teknisesti ongelmaton. Tietyissä käyttöympäristöissä sähköinen voimalinja toimii ongelmitta eikä ajokantama ole ongelma. Esimerkiksi kaupunkien ympäristössä tapahtuvat ajosuoritteet ovat osoittautuneet sopiviksi sähkökäyttöisille jakeluautoille.

Konversioauton energiatehokkuus vastaa sarjavalmistetun auton energiatehokkuutta. Konversioissa voidaan myös huomioida tarvittava ajoprofiili sarjavalmistetuista paremmin. Akkukapasiteetti voidaan toteuttaa juuri tarpeen mukaan ja muita lisälaitteita voidaan asentaa joustavasti. Edelleen autoa voidaan jälkikäteen päivittää komponenttien ja ohjelmistojen osalta ja saada autoon näin ollen uusia ja parempia ominaisuuksia.

Konversioauton voimalinja on uusi, mutta auton ohjaamo on edelleen käytetty. Ohjaamo voidaan toki ehostaa, mutta uutta vastaavaa siitä on vaikea tehdä.

Konversioautojen hinnoittelussa täytyy luonnollisesti huomioida se, että auton ohjaamo ja runko ovat käytettyjä, vaikkakin kunnostettuja. Tulevaisuus näyttää oikean hintatason ja näyttääkin siltä, että myös konversioautojen tuotannossa tulee pystyä hyödyntämään massatuotannon etuja mahdollisuuksien mukaan, jotta hintataso asettuu sopivalle tasolle. Kiertotalousajattelun yleistyminen tulee myös lisäämään ymmärrystä konversiotoiminnan mielekkyydestä, mutta konversioajoneuvon hinta pitää kuitenkin olla selvästi uutta sarjavalmistetusta ajoneuvosta alhaisempi.

Suomessa näyttäisi olevan komponenttituotantoa ja ohjelmisto-osaamista siinä määrin, että suhteellisen korkealla kotimaisuusasteella olevia vientituotteita on mahdollista tehdä raskaan kaluston konversioilla.

Raskaiden konversioajoneuvojen maailmanlaajuinen markkina näyttäisi kasvavan, vaikka sarjavalmistetun ajoneuvon tuotantomäärät ovat kasvussa.

10.Lähteet

Sähköturvallisuuslaki <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2016/1135>

E100-sääntö (2013), UN R100 Rev3 <https://op.europa.eu/s/z4rS>

Traficom, [Määräys: Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen 1.3.2021](#)

Traficom, [Määräys: Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset](#) 16.10.2023

Traficom, Vesa Linja-aho (2023), Raskaan kaluston sähkökonversioiden edistäminen

Posti (2024), [Posti Vastuullisuusraportti 2024 final.pdf](#)

PostEuro (2024). La Poste Groupe, PostNL and Posti awarded the 2024 PostEurop CSR “Coups de Coeur”, <https://www.posteurop.org/blog/la-poste-groupe-postnl-and-posti-awarded-the-2024-posteurop-csr-coups-de-coeur/>

Anttila, Joel (2025). VTT, SIX HOVE: Postin autojen seuranta ja analyysi

Hietalahti, Lauri (2019). TAMK, eTRUCK mittaustuloksia, raportti

Pellinen, Jukka (2023). Keuruun TKI-keskus, Electrification thru retrofits, esitys

Escalate-hanke (2023). <https://www.escalate-eu.com/hydrogen-fuel-cell-pilot/>

UNECE (2025). <https://unece.org/media/press/400643#>, tiedote

European Commission (2025), [Boosting the European car sector](#)

European Commission (2019), [eTruck: suomalainen verkkoalusta tukee tehokkaita sähkökuorma-autoja](#)