

Sampo Hyvärinen

VAURIOITUNEIDEN SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOJEN KÄSITTELY

VAURIOITUNEIDEN SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOJEN KÄSITTELY

Sampo Hyvärinen
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Sampo Hyvärinen

Opinnäytetyön nimi: Vaurioituneiden sähkö- ja hybridiajoneuvojen käsittely

Työn ohjaajat: Kristian Hirvelä, COPART ja Hannu Heikkilä, OAMK

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2023

Sivumäärä: 33 + 1 liitettä

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Copart Suomi Oy. Opinnäytetyössä tutkittiin liikenneonnettomuudessa vaurioituneen, sähkö- tai hybridivoimalinjaa energialähteenä hyödyntävän ajoneuvon käsittelyä turvallisesti Copart Suomi Oy:n Jäälän toimipisteessä. Tutkimukseen kuuluivat Teslan täysin sähköiset ajoneuvot, Toyotan tietyt hybridiautomallit, VAG MEB modulaarinen sähköauton perusrakenne ja yksittäisinä ajoneuvoina Nissan Leaf sekä Mitsubishi Outlander.

Opinnäytetyössä perehdyttiin sähkö- ja hybridiajoneuvojen tekniikkaan ja tarkasteltiin tutkimukseen kuuluvien ajoneuvojen korkeajännitejärjestelmien rakennetta. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmän rakenteita tarkasteltiin ja vertailtiin ominaisuuksien, sijainnin ja riskien puolesta. Tarkastelussa selvisi, että sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmien rakenteet eroavat hyvinkin paljon toisistaan. Korkeajänniteakkukotelot ja muut korkeajännitejärjestelmän komponentit ovat ominaisuuksiltaan erilaisia ja niiden sijainti riippuu täysin ajoneuvovalmistajasta ja mallista. Riski korkeajänniteakkukotelon ja muiden korkeajännitejärjestelmän komponenttien vaurioitumiseen siirtämisen aikana on tietyillä sähkö- ja hybridiajoneuvoilla hyvinkin suuri ja toisilla lähes mitätön.

Työssä tutkittiin ja tarkasteltiin jo olemassa olevan siirtämistavan soveltumista jatkossa Copart Suomi Oy:llä käsiteltävien sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtämiseen. Copart Suomi Oy käyttää vaurioituneiden polttomoottoristen henkilöautojen siirtoon pyöräkuormaajaa, johon on kiinnitetty pikakiinnityksellä pitkät trukkipiikit. Trukkipiikit ovat ongelmalliset sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtoon, koska ne voivat koskettaa noston aikana ajoneuvon pohjassa sijaitsevaa korkeajänniteakkukoteloa tai muita korkeajännitejärjestelmän komponentteja.

Tämän opinnäytetyön tuloksena selvisi, että pyöräkuormaajaan trukkipiikit soveltuvat jatkossa polttomoottoriautojen ja sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtämiseen, joissa on trukkipiikeille suotuisa korkeajännitejärjestelmän rakenne. Trukkipiikeille sopimattomien sähkö- ja hybridiajoneuvojen suhteen tulisi kehittää vaihtoehtoinen keino. Vaihtoehtoisia metodeja pohdittiin, ja tuloksena olisi kaksi mahdollista keinoa. Toinen keino muokkaisi jo olemassa olevia trukkipiikkejä lisäämällä niihin siirrettävät nostokohdat. Siirrettävillä nostokohdilla voitaisiin määrittää tarkka nostokohta ja vältettäisiin täten mahdolliset korkeajännitejärjestelmän vauriot. Toinen keino olisi kokonaan erillinen pikakiinnityksellinen nostoalusta trukkipiikkien tilalle. Erillinen nostoalusta olisi ajallisesti tehokkaampi ja vielä turvallisempi vaihtoehto kuin ensimmäinen keino. Nostoalusta olisi parempi myös erittäin vaurioituneiden ajoneuvojen siirtämiseen.

Asiasanat: sähköautot, hybridiautot, turvallisuus, siirtäminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, automotive and machine technology

Author: Sampo Hyvärinen

Title of thesis: Handling of damaged electric and hybrid vehicles

Supervisors: Kristian Hirvelä, COPART and Hannu Heikkilä, OAMK

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: e.g., 33 + 1 appendix

The thesis is commissioned by Copart Suomi Oy. The thesis investigated the safe handling of a vehicle damaged in a traffic accident, using an electric or hybrid power line as an energy source at Jääli office of Copart. The study included Tesla's all-electric vehicles, certain Toyota hybrid car models, the basic structure of the VAG MEB modular electric car, and the Nissan Leaf and Mitsubishi Outlander as individual vehicles.

In the thesis, the technology of electric and hybrid vehicles was studied and the structure of the high-voltage systems of the vehicles included in the study was examined. The structures of the high voltage system of electric and hybrid vehicles were examined and compared in terms of features, location and risks. The review revealed that the infrastructures of the high-voltage systems of electric and hybrid vehicles are very different from each other. High-voltage battery cases and other components of the high-voltage system have different characteristics and their location depends entirely on the vehicle manufacturer and model. The risk of damage to the high-voltage battery case and other components of the high-voltage system during moving is very high for certain electric and hybrid vehicles and almost negligible for others.

In the work, the applicability of the already existing transfer method to the transfer of electric and hybrid vehicles handled by Copart Suomi Oy was examined. Copart Suomi Oy uses a wheel loader to move damaged passenger cars with a combustion engine, to which long forks are attached with a quick-release attachment. Forklift spikes are problematic for moving electric and hybrid vehicles because they can contact the high-voltage battery case on the bottom of the vehicle or other high-voltage system components during lifting.

As a result of this thesis, it became clear that the forklift forks for wheel loaders are suitable for moving internal combustion engine cars and electric and hybrid vehicles in the future, which have a high-voltage system structure suitable for forklift forks. An alternative method should be developed for electric and hybrid vehicles that are not suitable for forklifts. Alternative methods were considered, and the result would be two possible ways. Another way would be to modify the already existing forklift forks by adding movable lifting points to them. With movable lifting points, the exact lifting point could be determined and thus possible damage to the high voltage system would be avoided. Another way would be a separate, quick attach lifting platform instead of the forks. A separate lifting platform would be a time-efficient and even safer option than the first method. A lifting platform would also be better for moving heavily damaged vehicles.

Keywords: electric vehicles, hybrid vehicles, safety, handling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	COPARTILLA YLEISET SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOT.....	9
2.1	Tesla	9
2.1.1	Model S ja 3.....	10
2.1.2	Model X ja Y.....	11
2.2	Toyota	12
2.2.1	Yaris.....	12
2.2.2	Prius ja Prius +.....	13
2.2.3	Auris ja Corolla.....	14
2.3	VAG MEB.....	16
2.4	Nissan Leaf	17
2.5	Mitsubishi Outlander.....	18
3	KORKEAJÄNNITEJÄRJESTELMIEN TARKASTELU.....	19
3.1	Toyota	20
3.2	Tesla	21
3.3	VAG MEB.....	22
3.4	Nissan Leaf	23
3.5	Mitsubishi Outlander.....	24
4	POHDINTA	25
5	YHTEENVETO	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	33

SANASTO

1NZ-FXE	Toyotan valmistama 1,5 litrainen bensiinimoottori
2ZR-FXE	Toyotan valmistama 1,8 litrainen bensiinimoottori
4B11	Mitsubishin valmistama 2,0 litrainen bensiinimoottori
4B12	Mitsubishin valmistama 2,4 litrainen bensiinimoottori
Bruttokapasiteetti	Suurin mahdollinen virta, jonka akku voi varastoida
FHEV tai HEV	Ei ladattava hybridisähköauto, joka lataa itseään ajon aikana
HSD	Hybrid Synergy Drive. Toyotan edistynyt hybriditeknologia, joka yhdistää sisäpolttimoottorin ja sähkömoottorin
hv	Hevosvoima
kpl	Kappale
kWh	Kilowattitunti
M15A-FXE	Toyotan valmistama 1,5 litrainen bensiinimoottori
M20A-FXS	Toyotan valmistama 2,0 litrainen bensiinimoottori
MEB	Modulaarinen sähköisen ajoneuvon perusrakenne, jossa auto rakennetaan korkeajänniteakun ympärille
PHEV	Ladattava hybridisähköauto
V	Voltti
VAG	Volkswagen AG

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on vaurioituneiden sähkö- ja hybridiajoneuvojen turvallinen käsittely. Opinnäytetyö tehdään Copart Suomi Oy:lle, joka on osa Copart inc:a, maailman johtavaa ajoneuvojen huutokauppa-, realisointi- ja vakuutusyhtiöpalveluja tarjoavaa yritystä. Copart inc myy yli kaksi miljoonaa ajoneuvoa vuosittain maailmanlaajuisesti virtuaalisen huutokauppateknologiansa avulla. (1.)

Copart Suomi Oy on vaurioajoneuvoihin erikoistunut palveluntarjoaja, joka myy vakuutusyhtiöiden, autoliikkeiden, yksityisasiakkaiden sekä muiden toimeksiantajien ajoneuvoja huutokaupan kautta jäsenilleen. Tässä opinnäytetyössä nimellä Copart viitataan vain Copart Suomi Oy:hyn. (1.)

Sähkö- tai hybridivoimalinjaa energialähteenään hyödyntävien ajoneuvojen määrä tieliikenteessä lisääntyy kiihtyvällä tahdilla. Tieliikennekäytössä olevien täyssähköautojen määrä on lähes tuplaantunut vuosien 2021 ja 2022 välillä. Ladattavien hybridiajoneuvojen määrä kasvoi kymmenillä tuhansilla yksilöllä, mutta kasvu jäi prosentuaalisesti pienemmäksi kuin täyssähköautoilla. (2.) Sähkö- ja hybridiajoneuvojen vallatessa markkina-aluetta muihin käyttövoimiin verrattaessa niiden osallisuus liikenneonnettomuuksissa tulee myös kasvamaan entisestään.

Copart Suomi Oy:llä on tarve ratkaisulle vaurioituneiden sähkö- ja hybridiajoneuvojen turvalliseen käsittelyyn Oulun toimipisteeseen. Tällä hetkellä vaurioituneiden ajoneuvojen siirtäminen käyttövoimasta riippumatta tapahtuu pyöräkuormaajan trukkipiikkien avulla. Trukkipiikit asetetaan pitkitäissuuntaisesti ajoneuvon alle, ja pyöräkuormaajan nostolaitteisto nostaa ajoneuvon noin metrin korkeuteen. Vakavasti vaurioituneenkin ajoneuvon siirtäminen on tällä tavalla helppoa ja nopeaa. Bensiini- ja dieselkäyttöisten ajoneuvojen nostaminen trukkipiikeillä on turvallista. Tällainen nostotapa ei kuitenkaan noudata yhdenkään sähkö- tai hybridiajoneuvovalmistajan ohjeita. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmän rakenteen vuoksi on mahdollisuus korkeajännitekomponenttien vaurioitumiseen trukkipiikeillä nostettaessa. Erityisesti riskinä on korkeajänniteakun vaurioituminen, sillä useissa automalleissa se sijaitsee matalalla ajoneuvon pohjalevyssä. Samaa nostotapaa käytetään organisaation muissakin toimipisteissä.

Tavoitteena tässä opinnäytetyössä on selvittää turvallinen menetelmä vaurioituneiden sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtämiseen. Jos ongelmaan löydetään turvallinen ratkaisu, se tulisi käyttöön todennäköisesti yksi kerrallaan kaikkiin Copartin toimipisteisiin.

Sähkö- ja hybridiajoneuvovalmistajien ajoneuvojen alamallien laajan lukumäärän vuoksi opinnäytetyön aihe on rajattu koskemaan Toyotan hybridiautoja ja Teslan sähköautoja. Yksittäisistä automalleista Nissan Leaf sekä Mitsubishi Outlander ovat mukana tutkimuksessa. Näiden lisäksi tutkitaan myös VAG MEB -sähköauton perusrakennetta. Aihe on rajattu näihin, koska ne ovat joko yleisiä ajoneuvoja Copartin Oulun toimipisteessä tai ne aiheuttavat varsinaisia ongelmia fyysisen rakenteensa vuoksi.

2 COPARTILLA YLEISET SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOT

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen hinaus, nostaminen ja siirtäminen on erittäin tarkkaa ajoneuvovalmistajasta riippumatta. Sähkö- ja hybridiajoneuvovalmistajilla on hyvin eriäviä ohjeita ajoneuvojen hinauksesta, nostamisesta ja siirtämisestä. Nyrkkisääntönä kannattaa pitää kuitenkin sitä, että sähkö- tai hybridiajoneuvon vetävät pyörät eivät saisi liikkua hinauksen aikana. Vetävien pyörien pyöriminen hinauksen aikana voi synnyttää vaarallisia jännitevarauksia, ylikuumentumista ja muuta tuhoa. Vaikka pelastushenkilöstö olisikin tehnyt vaurioituneen sähkö- tai hybridiajoneuvon jännitteettömäksi, sitä on käsiteltävä erityisellä varovaisuudella. (3.)

Copartilla ongelmia aiheuttaa sähkö- ja hybridiajoneuvojen erilaiset rakenteet. On haastavaa löytää turvallinen, kustannustehokas ja nopea tapa käsitellä kaikkia sähkö- ja hybridiajoneuvoja. Sähkö- ja hybridiajoneuvoissa korkeajännitejärjestelmän komponentit ovat sijoitettuina eri paikkoihin ajoneuvomallista ja sähkö- tai hybridivoimalinjasta riippuen. Ongelmia erityisesti aiheuttavat automallit, joissa korkeajänniteakku on sijoitettu matalalle pohjalevyyn. Trukkipiikeillä on tässä tilanteessa mahdollisuus osua korkeajänniteakun koteloon tai muihin korkeajännitekomponentteihin. On selvitettävä tarkemmin sähkö- ja hybridiajoneuvojen rakenteita ollakseen varmoja siitä, että korkeajännitekomponentit eivät vaurioidu pyöräkuormaajalla nostettaessa.

2.1 Tesla

Tesla on yksi suosituimmista nykyisistä täyssähköautojen valmistajista. Teslan valmistamia sähköautoja ovat mallimerkinnöiltään Model S, 3, X ja Y. Jokainen näistä on Copartin käsiteltävänä haastava, sillä korkeajänniteakusto on sijoitettu matalalle pohjalevyyn. Teslan malleissa nelivetoisuus on yleistä, ja se aiheuttaa siirtämisen kannalta ongelmia, sillä vetävät renkaat eivät saisi pyöriä. Täten renkaiden pitäisi olla siirtämisen aikana kokonaan irti maasta tai tasaisella alustalla, jossa ne eivät pääse liikkumaan. (3.)

Copartin tilastojen mukaan Teslan valmistamia sähköautoja kolaroidaan eniten verrattaessa muihin sähköautomerkkeihin. Vuonna 2022 Copartin käsiteltävänä oli 60 täyssähköautoa, joista 15 oli Teslan valmistamia. Toiseksi eniten käsiteltävänä oli Volkswagenin valmistamia täyssähköautoja ja Nissanin valmistama Leaf. Volkswageniteita ja Nissan Leafteja oli molempia 7 kappaletta. (Liite 1)

2.1.1 Model S ja 3

Teslan Model S:ää (kuva 1) on valmistettu vuodesta 2012 lähtien, ja se on edelleen Teslan tuotannossa. Mallistoa päivitettiin vuosina 2016 ja 2021. Korkeajänniteakuston bruttokapasiteetti vaihtelee 60 kWh:n ja 100 kWh:n välillä mallin mukaan. Huipputeho vaihtelee 302 hevosvoiman ja 1020 hevosvoiman välillä. Mallia on saanut yhdellä taka-akselilla sijaitsevalla sähkömoottorilla tai kahdella sähkömoottorilla, jotka sijaitsevat etu- ja taka-akselilla. Tehokkaimmat mallit ovat poikkeuksetta kahdella sähkömoottorilla. (4.)



KUVA 1. Tesla Model S (5)

Teslan Model 3 (kuva 2) tuli tuotantoon vuonna 2017, ja sitä valmistetaan edelleen. Mallisto koki päivityksen vuonna 2020. Korkeajänniteakuston bruttokapasiteetti vaihtelee 50 kWh:n ja 80,5 kWh:n välillä mallin mukaan. Huipputeho vaihtelee 204 hevosvoiman ja 513 hevosvoiman välillä. Mallia on saanut yhdellä taka-akselilla sijaitsevalla sähkömoottorilla tai kahdella sähkömoottorilla, jotka sijaitsevat etu- ja taka-akselilla. Tehokkaimmat mallit ovat poikkeuksetta kahdella sähkömoottorilla ja täten nelivetoisia. (6.)



KUVA 2. Tesla Model 3 (7)

2.1.2 Model X ja Y

Model X:n (kuva 3) valmistus aloitettiin vuonna 2015. Mallistoa päivitettiin vuonna 2021, ja päivitetty malli on edelleen tuotannossa. Korkeajänniteakun bruttokapasiteetti vaihtelee 75 kWh:n ja 100 kWh:n välillä. Mallien huipputeho vaihtelee 330 hevosvoiman ja 1020 hevosvoiman välillä. Mallia on saanut yhdellä taka-akselilla sijaitsevalla sähkömoottorilla tai kahdella sähkömoottorilla, jotka sijaitsevat etu- ja taka-akselilla. Tehokkaimmat mallit ovat poikkeuksetta kahdella sähkömoottorilla ja täten nelivetoisia. (8.)



KUVA 3. Tesla Model X (9)

Model Y:n (kuva 4) valmistus aloitettiin vuonna 2020. Korkeajänniteakun bruttokapasiteetti vaihtelee 50 kWh:n ja 80,5 kWh:n välillä. Huipputeho vaihtelee 204 hevosvoiman ja 534 hevosvoiman välillä. Mallia on saanut yhdellä taka-akselilla sijaitsevalla sähkömoottorilla tai kahdella sähkömoottorilla, jotka sijaitsevat etu- ja taka-akselilla. Tehokkaimmat mallit ovat poikkeuksetta kahdella sähkömoottorilla ja täten nelivetoisia. (10.)



KUVA 4. Tesla Model Y (11)

2.2 Toyota

Toyotan valmistamat sähkö- ja hybridiajoneuvot ovat erittäin tuttu näky Suomen liikenteessä. Eri-toten bensiinihybridit ovat suuressa suosiossa. Tämä myös näkyy Copartin Oulun toimipisteessä, sillä Toyotan valmistamat bensiinihybridit olivat yleisimpiä sähkö- tai hybridivoimalinjaa hyödyntäviä ajoneuvoja, jotka kulkivat Copartin toimipisteiden läpi vuonna 2022. Vuonna 2022 Copartilla oli käsiteltävänä 178 kappaletta Toyotan henkilöautoja, joista kaikki olivat bensiinihybridejä. Kaiken kaikkiaan vuonna 2022 käsiteltiin 379 kappaletta bensiinihybrideitä. Yleisin automalli oli Yaris (43 kpl), toiseksi Prius (39 kpl), kolmanneksi Auris (38 kpl), neljänneksi Corolla (31 kpl), viidenneksi C-HR (16 kpl), kuudenneksi RAV4 (10 kpl) ja seitsemänneksi Camry (1 kpl). (Liite 1)

2.2.1 Yaris

Toyota Yaris (kuva 5) henkilöautomallissa hybridivoimalinjaa on hyödynnetty vuodesta 2012 nykyyhetkeen saakka. Bensaahybridia on esiintynyt Yarixsen XP130- ja XP210 korimallissa. XP130- malli

oli valmistuksessa vuodesta 2012 vuoteen 2014, jonka jälkeen korimallia päivitettiin. Tätä päivitettyä mallia valmistettiin vuoteen 2017 saakka. Vuonna 2017 malli koki vielä toisen päivityksen, ja sitä mallia valmistettiin vuoteen 2020 saakka. Malliston alanimike XP130 pysyi samana vuosina 2012–2020. Kaikissa XP130 korimallin autoissa käytettiin samaa hybridivoimalinjaa 1,5 litraista ja 75 hevosvoimaista 1NZ-FXE bensiinimoottoria, ja yhdellä moottorilla olevaa sähkömoottoria, jonka huipputeho oli 61 hevosvoimaa. (12.)

Toyota Yariksen korimalli XP210 esiteltiin vuonna 2020, ja se on edelleen Toyotan tuotannossa. Hybridivoimalinja oli saatavilla joko yksimoottorisena (80 hv) tai kaksimoottorisena (80 hv ja 5 hv). Polttomoottori oli molemmissa sama, 1,5 litrainen M15A-FXE, joka tuotti 91 hevosvoiman tehon. (12.)



KUVA 5. Toyota Yaris Hybrid (XP210) (13)

2.2.2 Prius ja Prius +

Copartilla toiseksi yleisin käsiteltävä Toyotan valmistama hybridiajoneuvo oli Prius (kuva 6). Priusta on valmistettu neljää eri sukupolvea, I-NHW11 vuosina 2000–2003, II-NHW20 vuosina 2003–2009, III-ZVW30 vuosina 2009–2015 ja IV-ZVW50/ZVW55 vuodesta 2015 nykyhetken saakka. Kolmannessa sekä neljännessä sukupolvessa oli saatavilla myös plug-in hybrid -malli, varsinaisilta mallimerkinnöiltään ZVW35, ZVW52 ja MXWH61. Valmistuksessa on ollut myös suurempi automalli Prius +, alamalliltaan ZVW40, jota valmistettiin vuosina 2012–2020. (14.)

Ensimmäisen ja toisen sukupolven Priuksessa polttomoottorina oli Yariksesta tuttu 1,5 litrainen 1NX-FXE bensiinimoottori. Kolmannen sukupolven Priuksessa esiteltiin uusi 1,8 litrainen 2ZR-FXE

bensiinimoottori. 2ZR-FXE bensiinimoottoria käytettiin myös neljännen ja sukupolven Priuksessa. Kaikki Priuksen mallit ovat olleet bensiinihybrideitä. Ensimmäisen sukupolven Priuksessa oli yksi sähkömoottori, joka tuotti 44 hevosvoiman tehon. Toisen sukupolven Priukseen sähkömoottorin tehot päivittyivät 68 hevosvoimaan. Kolmannessa sukupolvessa tehot nousivat 82 hevosvoimaan. Kolmas sukupolvi jakoi saman bensahybridimoottorin kuin Prius +. Neljännessä sukupolvessa oli tarjolla yksisähkömoottorista FHEV täyshybridiiä ja kaksisähkömoottorista PHEV-plug in -hybridiiä. FHEV- ja PHEV versioissa oli käytössä 72 hevosvoiman sähkömoottori, jonka lisäksi PHEV versiossa oli lisänä 31 hevosvoimainen sähkömoottori. Priuksen neljäs sukupolvi koki mallipäivityksen vuonna 2018, mutta hybridivoimalinja on silti samanlainen koko neljännessä sukupolvessa. (14.)



KUVA 6. Toyota Prius (15)

2.2.3 Auris ja Corolla

Copartin kolmanneksi yleisin käsiteltävä Toyotan bensiinihybridi oli Toyota Auris (kuva 7). Hybridivoimansiirto on ollut saatavilla ensimmäisen ja toisen sukupolven Aurikseen. Ensimmäisen ja toisen sukupolven Auriksissa oli käytössä sama hybridimoottori kuin Priuksen kolmannessa sukupolvessa ja Prius + versiossa, eli 82 hevosvoimainen yksisähkömoottori ja 99 hevosvoimainen 1,8 litrainen 2ZR-FXE bensiinimoottori. Hybridivoimansiirto oli saatavilla vuodesta 2010 vuoteen 2018. (16.)



KUVA 7. Toyota Auris Hybrid (17)

Neljänneksi yleisin Copartille vuonna 2022 käsiteltäväksi saapunut Toyotan valmistama bensiinihybridi oli Toyota Corolla (kuva 8). Kaikki olivat Corollan kahdennettatoista sukupolvea mallimerkinnältään E210. E210 korimallin valmistus alkoi vuonna 2019 ja sitä valmistetaan edelleen. Vuonna 2022 malli koki kasvojen kohotuksen. Ennen kasvojen kohotusta Corollaa sai 72 hevosvoimaisella yksisähkömoottorilla ja 1,8 litraisella 99 hevosvoimaisella 2ZR-FXE bensiinimoottorilla. Vuonna 2022 julkistettiin mallipäivityksen yhteydessä yksi kokonaan uusi hybridivoimalinja, ja päivitettiin aikaisempaa 1,8 litraista moottoria nostamalla yksimoottorisen sähkömoottorin tehoja 95 hevosvoimaan. Uusi hybridimoottori oli 113 hevosvoimainen yksisähkömoottori ja 2,0 litrainen 156 hevosvoimainen M20A-FXS bensiinimoottori. (18.)



KUVA 8. Toyota Corolla Hybrid Touring Sports (E210) (19)

2.3 VAG MEB

Volkswagen Groupin MEB on ainutlaatuinen sähköautoon suunniteltu perusrakenne. Sähköiseen voimansiirtoon suunnitellulla korin rakenteella on useita etuja verrattuna perinteiseen polttomoottorille suunniteltuun, ja sellaisesta sähköautoksi muutettuun, perusrakenteeseen. Suurin osa näistä pyörii erilaisten komponenttien paketoinnin ympärillä. Sähköauton ehdoilla suunniteltu rakenne auttaa optimoimaan paketointia mahdollistaen mahdollisimman tehokkaan tilankäytön. Kuluttajan kannalta merkittävää on tekniikan jakamisen tuoma tehokas tilan optimointi ja kustannussäästöt. (20.)

Tällä hetkellä tuotannossa olevat VAG MEB -perusrakenteiset sähköautomallit ovat VAG- konsernin alaisilta ajoneuvovalmistajilta Volkswagen, Audi, Škoda, Cupra ja Fisker. Taulukkoon 1 on listattu kyseisiltä ajoneuvovalmistajilta tuotannossa olevat ajoneuvomallit.

TAULUKKO 1. VAG MEB -perusrakenteiset tuotannossa olevat sähköautot

Merkki	Volkswagen	Audi	Škoda	Cupra	Fisker
Malli	ID.3 (2019–)	Q4 e-tron (2021–)	Enyaq iV (2020–)	Born (2021–)	Ocean (2021–)
	ID.4 (2020–)	Q4 Sport- back e-tron (2021–)	Enyaq Coupe iV (2021–)		
	ID.5 (2021–)	Q5 e-tron (2021–)			
	ID.6 (2021–)				
	ID. Buzz (2022–)				
	ID. Buzz Cargo (2022–)				

VAG MEB -korirakenteisia sähköautoja on valmistettu tähän mennessä noin. 670 000 kappaletta. Näistä noin. 500 000 kappaletta kuuluu Volkswagenin ID. -mallistoon. On suunniteltu, että kokonaisvalmistusmäärä kasvaisi yli 10 miljoonaan yksilöön. (21.)

2.4 Nissan Leaf

Copartin yksi suosituimmista siellä käsiteltävistä sähköautoista on Nissanin valmistama alamalli Leaf (kuva 9). Kyseistä ajoneuvoa on valmistettu kahta eri korimallia. Nissan Leaf I (ZE0) oli tuotannossa vuodesta 2010 vuoteen 2017 ja Nissan Leaf II (ZE1) vuodesta 2017 eteenpäin, ja sitä valmistetaan yhä tänä päivänäkin. ZE0 korimalliin oli saatavilla joko 24 kWh:n tai 30 kWh:n bruttokapasiteetin korkeajänniteakku. 24 kWh:n ja 30 kWh:n korkeajänniteakuilla huipputehoa saadaan 109 hevosvoimaa. ZE1 korimallissa oli saatavilla taasen jo 40 kWh:n tai 62 kWh:n bruttokapasiteetin omaava korkeajänniteakku. 40 kWh:n korkeajänniteakulla varustetussa autossa hevosvoimia on 150. 62 kWh:n akulla tehot nousevat 217 hevosvoimaan. Sähköinen voimansiirto on toteutettu molemmissa korimalleissa yhdellä sähkömoottorilla, joka sijaitsee etuakselilla. Molemmat mallit ovat täten etuvetoisia. (22.)



KUVA 9. Nissan Leaf ZE1 (23)

2.5 Mitsubishi Outlander

Copartilla ei ehkä yksi yleisimmistä, mutta ongelmallisimmista bensiinihybridiajoneuvoista on Mitsubishi Outlander III-PHEV (kuva 10). Ongelmia on aiheuttanut korkeajänniteakun sekä korkeajännitekomponenttien sijoittelu. Tämän takia suullinen ohjeistus Copartilla on, että Outlanderia ei saa nostaa pyöräkuormaajalla.

Mitsubishi Outlanderin kolmas korimalli oli tuotannossa vuodesta 2013 vuoteen 2021. Bensiinihybridi koki kaksi mallipäivitystä vuosina 2015 ja 2018. 2013 ja 2015 mallissa polttomoottorina toimii 2,0 litrainen 121 hevosvoimainen polttomoottori mallikoodiltaan 4B11, jonka lisäksi etu- ja taka-akselilla on 82 hevosvoimaiset sähkömoottorit. Korkeajänniteakun bruttokapasiteetti on 12 kWh. (24.)

Vuonna 2018 esitellyssä toisessa mallipäivityksessä voimansiirto uudistui. 4B11 moottorin tilalle tuli 2,4 litrainen 135 hevosvoimainen polttomoottori mallikoodiltaan 4B12. Etuakselin sähkömoottorin teho pysyi samana, mutta taka-akselin sähkömoottorin teho nousi 95 hevosvoimaan. Korkeajänniteakun bruttokapasiteetti nousi 1,8 kWh ja näin kokonaiskapasiteetti on 13,8 kWh. (24.)



KUVA 10. Mitsubishi Outlander III-PHEV (25)

3 KORKEAJÄNNITEJÄRJESTELMIEN TARKASTELU

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmissä on merkittäviä eroja autovalmistajien ajoneuvojen ja niiden alamallien välillä. Suurimmat erot ovat vertaillessa pelkästään sähköä voimälähteenään käyttävää ajoneuvoa ja hybridiajoneuvoa. Sähköautoissa korkeajänniteakku on lähes poikkeuksetta sijoitettu ajoneuvon pohjaan sen suuren koon vuoksi. Hybridiautoissa korkeajänniteakku voi olla sijoitettuna useaan eri paikkaan, sillä se on huomattavasti pienempi kuin sähköauton korkeajänniteakku.

Korkeajännitekaapeleiden sijoitus on riippuvainen muiden korkeajännitekomponenttien sijainnista sekä ajoneuvon korirakenteesta. Yleisimmin kaapelit kulkevat ajoneuvon pohjalevyä pitkin, samankaltaisesti kuin esimerkiksi jarruputket. Sähkömoottori voi olla sijoitettuna etu- tai taka-akselille. Etuvetoisessa sähkömoottori on etuakselilla, ja takavetoisessa sähkömoottori on taka-akselilla. Nelivetoisessa mallissa on kaksi sähkömoottoria, toinen etuakselilla ja toinen taka-akselilla. Moottorin apulaitteet voivat olla tavallisen 12V jännitteisen järjestelmän alaisuudessa tai osana korkeajännitejärjestelmää. Tämä ei tarkoita, että kaikki apulaitteet olisivat matalan tai korkean jännitteen alaisuudessa. On mahdollisuus siihen, että osa on matalan ja osa korkean jännitteen alaisuudessa. Esimerkiksi ilmastointilaitteen kompressori on sellainen apulaite, joka on sähköautoissa yleensä muutettu osaksi korkeajännitejärjestelmää. (26.)

Eritoten täysin sähköistä voimansiirtoa hyödyntäviä ajoneuvoja nostettaessa on otettava huomioon korkeajänniteakun kotelon mitat ja muiden korkeajännitekomponenttien sijainti, jotta voidaan välttää niiden vaurioitumisen mahdollisuus noston aikana. On myös mahdollisuus, että ajoneuvon akselistot sijoittuvat korkeajännitekotelon alapuolelle mahdollistaen nostamisen sillä ehdolla, että pyöräkoneen piikit nostavat ajoneuvon ylös akseleista eikä korkeajänniteakusta. Pyöräkoneen piikkien koskettaessa noston aikana ensin korkeajänniteakkua on mietittävä vaihtoehtoisia keinoja. Pyöräkuormaajan trukkipiikkien rakennetta voi joutua muuttamaan, tai niille täytyy kehittää oma lisälaite, jolla ajoneuvo saadaan nostettua turvallisesti.

3.1 Toyota

Toyotan hybridiajoneuvoissa korkeajänniteakun sijainti vaihtelee paljon eri mallien välillä. Se voi sijaita esimerkiksi takaistuinten alla, takakontissa tai ajoneuvon pohjalevyssä. Erikoisuutena on kuitenkin Prius +, jossa korkeajänniteakku on sijoitettuna etupenkkiin väliin keskikonsolin alle. (27.)

Jotta saadaan selkeästi esitettyä Toyotan hybridiajoneuvojen korkeajännitekomponenttien sijainti, ne on hyvä listata taulukkoon. Taulukkoon 2 on listattu Copartilla yleisimmät Toyotan hybridiajoneuvot. Samalla arvioidaan vaurioitumisen riski, joka on trukkipiikeillä nostettaessa olemassa.

Vihreällä maalattu teksti taulukossa tarkoittaa, että ajoneuvo on nostettavissa turvallisesti trukkipiikeillä ilman vaaraa korkeajänniteakun vaurioitumisesta. Keltaisella maalattu teksti tarkoittaa, että ajoneuvo on nostettavissa joko erityistä varovaisuutta noudattaen tai tietyin reunaehdoin. Punaisella maalattu teksti tarkoittaisi, että ajoneuvoa ei saa nostaa trukkipiikeillä. Mainituista hybridiautoista yksikään ei kuitenkaan kuulu tähän kategoriaan.

TAULUKKO 2. Toyotan hybridiajoneuvojen korkeajänniteakun sijainti ja riskien arviointi (28)

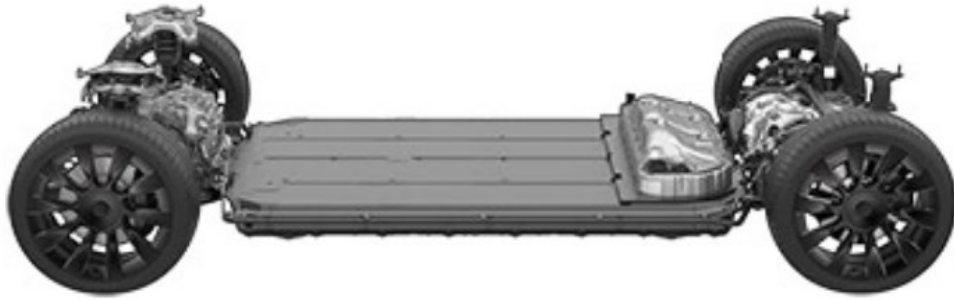
Toyota	Yaris Hybrid	Prius ja Prius +	Prius Plug-In Hybrid	Auris Hybrid	Corolla Hybrid
1. Sukupolvi	(2011–2020) Takaistuinten alla	(2000–2003) Takaistuinten alla	(2009–2016) Takakontti	(2006–2012) Takakontti	(2019–2023) Takaistuinten alla
2. Sukupolvi	(2020–) Takaistuinten alla	(2003–2009) Takakontti	(2017–2022) Takakontti	(2012–2018) Takaistuinten alla	(2023–) Tietoja ei saatavilla

3. Sukupolvi		(2009–2015) Takakontti	(2023–) Tietoja ei saatavilla		
4. Sukupolvi		(2015–2022) Takaistuinten alla			
		Prius + (2012–2020) Keskikonsolin alla			

3.2 Tesla

Kaikissa Teslan valmistamissa sähköautoissa korkeajänniteakku on sijoitettuna matalalle ajoneuvon pohjalevyyn (kuva 11). Korkeajänniteakun kotelon reunat tulevat leveyssuunnassa lähelle auton helmapeltejä ja pituussuunnassa lähelle akseleita. Kotelo on auton alin kohta, ja se tulee jopa akseleiden alapuolelle. Nämä ominaisuudet tekevät Tesloista haastavan nostettavan trukkipiikeillä, sillä korkeajänniteakun kotelosta nostaminen on kielletty ajoneuvovalmistajan ohjeiden mukaan. (3.)

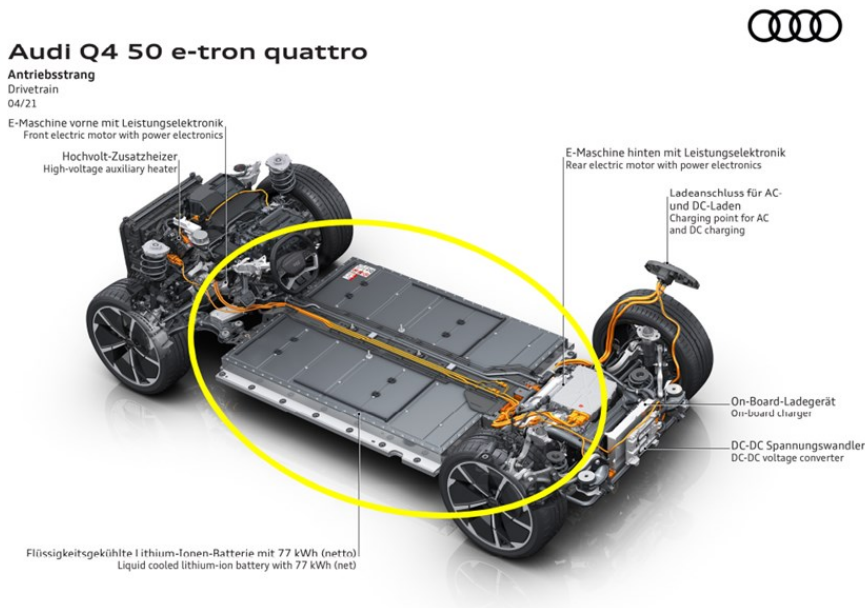
Tesla ei ole kertonut julkisuuteen tarkkoja tietoja korkeajänniteakun kotelossa käytettävistä materiaaleista, eikä sen puristuslujuudesta varsinaisesti siitä nostettaessa. Tiedossa on kuitenkin, että Tesla Model S:n korkeajänniteakun kotelon pohjan suoja Levy on tehty noin 6 mm paksusta ballistisen luokan alumiinista. Ballistisen luokan alumiinia käytetään suojaamaan nopeita, luotimaisia objekteja vastaan. Trukkipiikkien tuoma rasitus on kuitenkin erilaista kuin pistemäisen iskun. Korkeajänniteakun kotelolla tulisi olla hyvä puristuslujuus, jotta se voisi kestää trukkipiikkien tuoman rasituksen. (29.)



KUVA 11. Tesla Model 3 Korkeajännitejärjestelmän rakenne (30)

3.3 VAG MEB

Kaikki MEB-perusrakenteiset sähköautot ovat korkeajännitejärjestelmiltään ja korirakenteeltaan hyvin samankaltaisia. Korkeajänniteakku on sijoitettuna ajoneuvon pohjalevyyn ja sähkömoottorit etu- ja taka-akseleille (kuva 12). Korkeajänniteakun kotelo sijaitsee suurin piirtein samalla korkeudella kuin etu- ja taka-akselisto. Täten on vaikeaa sanoa ilman käytännön esimerkkiä, tarttuvatko trukkipiikit nostotilanteessa kiinni akselistoista vai korkeajänniteakun kotelosta. MEB-rakenteen mukaan valmistetut sähköautot ovat joko taka- tai nelivetoisia. Takavetoisessa sähkömoottori on taka-akselilla ja nelivetoisessa mallissa tulee etuakselille lisäksi toinen sähkömoottori. Korkeajännitekaapelit kulkevat korkeajänniteakun yläpuolella. (31.)



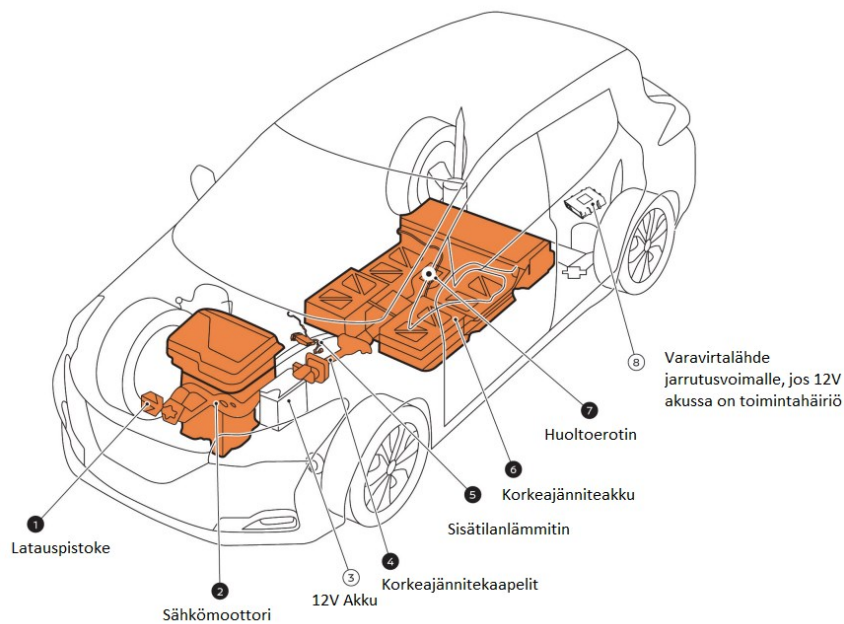
KUVA 12. Audi Q4 50 e-tron quattro korkeajännitejärjestelmän komponentit (32)

3.4 Nissan Leaf

Ensimmäisen (ZE0) ja toisen (ZE1) korimallin Leaf:ssa korkeajänniteakku on sijoitettuna ajoneuvon pohjaan (kuva 13). Korkeajännitekaapelit kulkevat auton korin ja korkeajänniteakkukotelon välissä, ja kaapeleilla ei ole täten vaaraa vaurioitua trukkipiikeillä nostettaessa. (33.)

Korkeajänniteakkukotelon pituus on 1547 mm, leveys 1188 mm ja korkeus 264 mm. Kotelo on samankokoinen kapasiteetiltaan 24, 30 ja 40 kWh korkeajänniteakuissa. Kotelon valmistusmateriaalina toimii prässätty korkean stressinsietokyvyn omaava teräs. (33.)

62 kWh kapasiteetilla varustettu korkeajänniteakku eroaa mitoiltaan pienempiin verrattuna. Kotelo on syvempi, mutta leveys ja pituus ovat samat. Syvyyden kasvamisen takia kotelo tulee lähemmäs maata kuin pienemmän kapasiteetin kotelossa. 62 kWh korkeajänniteakun kotelo tulee noin 40 mm lähemmäs maata. (34.)



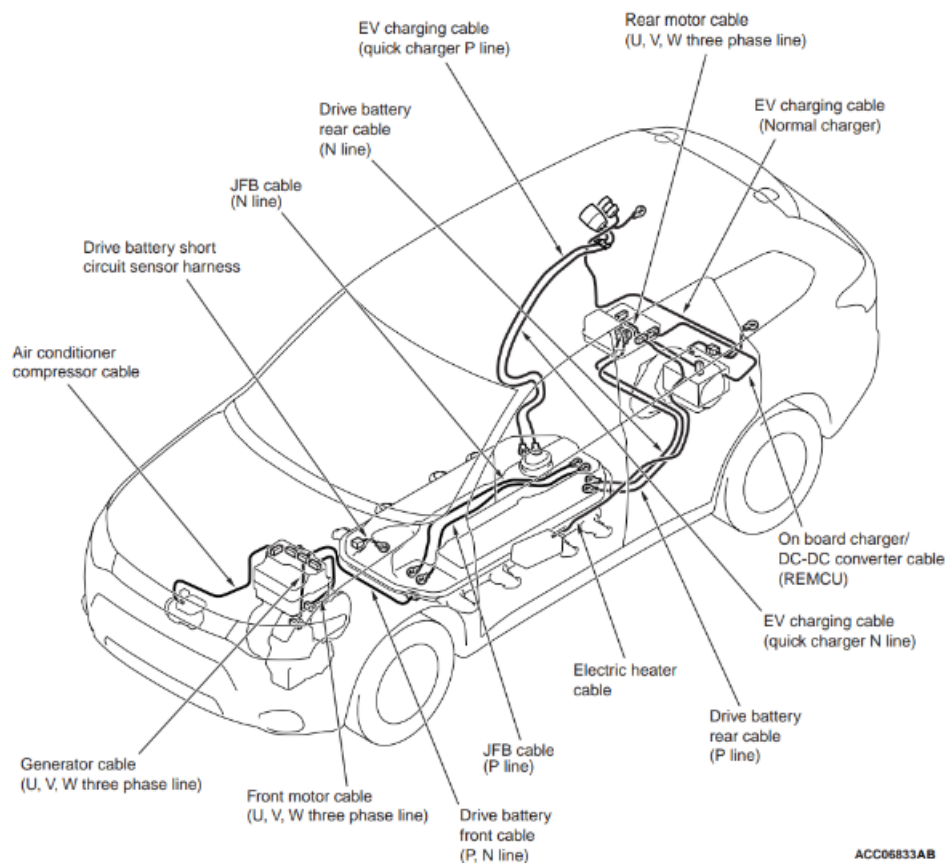
KUVA 13. Nissan Leaf (ZE1 62 kWh) korkeajännitekomponentit (35)

3.5 Mitsubishi Outlander

Mitsubishi Outlander on bensahybridiksi ongelmallinen käsiteltävä ajoneuvo korkeajännitejärjestelmän rakenteen vuoksi. Korkeajänniteakku on sijoitettu auton pohjaan matalalle (kuva 14). Autoa nostettaessa korkeajänniteakun kotelo ottaa ensimmäisenä trukkipiikkeihin kiinni. Täten Outlander on Copartin puolesta nostokiellossa.

Korkeajännitekaapelit kulkevat korkeajänniteakun yläpuolella, joten niillä ei ole vaaraa vaurioitua noston aikana. (36.)

Outlanderin korkeajänniteakusto sijoittuu ajoneuvon keskiosaan. Tarpeeksi leveälle asetetuilla trukkipiikeillä voitaisiin teoriassa nostaa ajoneuvo, sillä trukkipiikkien kulkiessa lähellä renkaita niillä ei ole mahdollisuutta nostaa korkeajänniteakusta. Asian varmistamiseksi on kuitenkin tehtävä mitauksia tulevaisuudessa, jos trukkipiikkejä ajatellaan käytettävän Outlanderin siirtämisessä.



KUVA 14. Mitsubishi Outlanderin korkeajännitejärjestelmä (36)

4 POHDINTA

Haastavien sähkö- ja hybridaajoneuvojen nostamiseen pyöräkuormaajalla on itsellä herännyt kaksi mahdollista tapaa, joista toinen vaatisi trukkipiikkien muokkaamista ja toinen korvaisi ne kokonaan erillisellä lisälaitteella.

Trukkipiikkejä tulisi muokata mielestäni siten, että molempiin piikkeihin tulisi kaksi erillistä siirrettävää nostokohtaa, jotka tarttuisivat auton alatukivarsiin tai akselistoihin (kuva 15). Täten voitaisiin välttää auton pohjalevyssä sijaitsevan korkeajänniteakun mahdollinen vaurioituminen, sillä erillisillä nostokohdilla puristuspainetta ei tule kohdistumaan itse akkuun. Tämän kaltaisessa ratkaisussa ongelmaksi tulee erittäin vaurioituneiden ajoneuvojen nosto, joissa on esimerkiksi pyöräntuenta repeytynyt kokonaan irti. Tällöin ajoneuvo voi maata pohjastaan maata vasten, jolloin lisälaitte ei trukkipiikkien kanssa mahdu auton alle. Voi olla myös haastavaa nähdä ilman työkaveria, mistä kohdasta nostokohta todellisuudessa nostaa. Tällöin vaarana on lisälaitteen sijainnin kohdistamisen epätarkkuudesta aiheutuvat vauriot. Siirrettävillä nostokohdilla työskentely ei olisi myöskään ajallisesti läheskään niin tehokasta kuin trukkipiikeillä.



KUVA 15. Esimerkki siirrettävän nostokohdan muodosta (37)

Toinen vaihtoehto ongelman ratkaisemiseen voisi olla tarpeeksi pitkän ja leveän tasaisen nostoalustan kehittäminen (kuva 16). Tämän kaltaista ratkaisua on mietitty aikaisemminkin, mutta olemassa olleet nostoalustat ovat olleet liian pieniä. Nostoalustassa olisi samankaltainen pikakiinnitys kuin trukkipiikeissäkin. Tällöin olisi nopea vaihtaa perinteisten trukkipiikkien ja nostoalustan välillä. Ajoneuvo vedettäisiin kyytiin nostoalustan takaseinämälle sijoitetulla sähköisellä tai mekaanisella

vinssillä. Nostoalustan käyttäminen noudattaisi myös pääasiallisesti valmistajien ohjeita, sillä se olisi samankaltainen ratkaisu kuin hinausautossa käytettävä lava. Nostoalusta olisi hyvä ratkaisu myös siten, että sähkö- tai hybridi ajoneuvon renkaat eivät pääsisi pyörimään siirtämisen aikana.

Ajoneuvo pidettäisiin paikallaan siirtämisen aikana vinssin varassa ja esimerkiksi ajoneuvon takarenkaiden taakse tulevalla esteellä, jotka yhdessä estäisivät ajoneuvon rullaamisen pois kyydistä kuljetuksen aikana. Tarpeeksi vahva vinssi tulisi pitämään ajoneuvon paikallaan mitä todennäköisimmin, mutta lisäesteen lisääminen varmistaisi paikallaan pysymisen. Nostoalustan kärki olisi viistetty, jotta ajoneuvo olisi helpompi vinssata kyytiin. Ajoneuvon vetäminen kyytiin olisi täten suhteellisen helppoa, vaikka se olisikin pahoin vaurioitunut. Ajallisesti tämä ei olisi kuitenkaan niin tehokasta kuin trukkipiikeillä siirtäminen, koska pyöräkuormaajan kuljettajan pitäisi käydä kiinnittä-mässä vinssi ajoneuvoon. Käytettäessä trukkipiikkejä pyöräkuormaajan kuljettajan ei tarvitse poistua ajoneuvosta, ja hän pystyy täten lyhyessä ajassa siirtämään useita ajoneuvoja. Merkittävänä etuna olisi kuitenkin trukkipiikkeihin verrattaessa vakavien kuljetusvaurioiden, esimerkiksi korkeajänniteakun vaurioiden eliminointi ja ajoneuvovalmistajien ohjeita mukaileva siirtotapa.

Yhdeksi ongelmaksi voi muodostua nostoalustan tuoma paino. Nostoalusta tulee painamaan enemmän kuin trukkipiikit. Nostoalustan materiaali tulisi olla puristuslujuudeltaan riittävän vahva ja painoltaan mahdollisimman kevyt. Copartin pyöräkuormaajien nostokyky tulisi olla tarpeeksi suuri nostamaan nostoalustan ja sähköauton yhteisen painon. Pyöräkuormaajassa pitäisi olla kippausominaisuus, jotta ajoneuvon lastaaminen pois kyydistä olisi helppoa.



KUVA 16. Esimerkki trukkipiikkien tilalle tulevan nostoalustan muodosta (38)

Opinnäytetyössä käsitellyjä Toyotan hybridiajoneuvoja voidaan nostaa trukkipiikeillä korkeajännitekomponenttien sijainnin vuoksi. Riski korkeajänniteakun vaurioitumiseen noston aikana on pieni. On kuitenkin tärkeää olla varovainen. Takakontissa, takaistuinten alla ja keskikonsolin alla sijaitseva korkeajänniteakku on trukkipiikkien ulottumattomissa.

Mitsubishi Outlanderin, Nissan Leaf:n, VAG MEB:n ja Teslan malleihin täytyy kehittää vaihtoehtoinen tapa. Ajoneuvovalmistajien julkiseen jakeluun jakama informaatio on niin puutteellista, että emme voi olla varmoja jo olemassa olevien trukkipiikkien soveltuvuudesta näiden ajoneuvojen nostamiseen. Opinnäytetyöni tulosten perusteella trukkipiikit korvaavan soveltuvan tasaisen nostoalustan prototyypin kehittäminen voitaisiin aloittaa.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Copartilla yleisimpien vaurioituneiden sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtämiseen turvallinen toimintatapa, joka noudattaisi myös autovalmistajan ohjeita.

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen tekniikkaan perehdyttiin syvällisemmin ja tutkittiin opinnäytetyössä käsitellyiden ajoneuvojen sähkö- ja hybriditekniikan erilaisia ominaisuuksia. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmän rakenteita tutkittiin saatavilla olleista autovalmistajien ohjeista, pelastushenkilöstön käyttöön tarkoitetuista turvallisuusohjeista, korkeajänniteakun irrottamiseen tarkoitetuista ohjeista ja erinäisistä internetin lähteistä.

Työn tavoitteena oli tarkastella pyöräkuormaajan trukkipiikkien soveltumista Copartilla yleisimpien sähkö- ja hybridiajoneuvojen turvalliseen käsittelyyn. Tavoitteena oli tämän lisäksi pohtia vaihtoehtoisia keinoja sähkö- ja hybridiajoneuvojen turvalliseen käsittelyyn, jos trukkipiikit osoittautuisivat sopimattomaksi sähkö- ja hybridiajoneuvojen siirtämiseen. Jo olemassa olevan nostotavan mahdollistamiseen vastaisuudessa ei löydetty kaikkia kriittisimpiä tietoja. Trukkipiikkien käyttäminen vastaisuudessa olisi vaatinut syvempää informaatiota korkeajänniteakkukoteloiden ja muiden korkeajännitekomponenttien sijainnista, materiaaleista, rakenteista ja kestävyydestä. Vanhan nostotavan mahdollistamiseen tarvittavia tietoja ei saatu.

Trukkipiikeillä voidaan kuitenkin siirtää turvallisesti sähkö- ja hybridiajoneuvoja, joissa ne eivät voi aiheuttaa vaurioita korkeajänniteakkukoteloon tai muihin korkeajännitejärjestelmän komponentteihin. Tutkimuksessa käsitellyistä ajoneuvoista Toyotan valmistamat hybridiajoneuvot olivat tällaisia. Ne sallivat trukkipiikkien käytön niiden korkeajänniteakkukotelon ja muiden korkeajännitekomponenttien sijainnin suotuisuuden puolesta. Muiden opinnäytetyössä käsiteltyjen sähkö- ja hybridiajoneuvojen suhteen täytyisi turvautua vaihtoehtoiseen keinoon, joka voisi olla esimerkiksi trukkipiikit korvaava esittämäni nostoalusta.

Opinnäytetyön kirjoittaminen on ollut mielenkiintoista, ja aihe on ollut todella ajankohtainen sekä monipuolinen. Aiheen laajuus on antanut mahdollisuuden perehtyä sähkö- ja hybridiajoneuvojen tekniikkaan sekä korkeajännitejärjestelmien rakenteisiin todella laajasti. Tästä voin kiittää Copart Suomi Oy:tä, joka antoi hyvän mahdollisuuden toteuttaa erittäin mielenkiintoisen opinnäytetyön.

LÄHTEET

1. Copart Suomi Oy 2023. Keitä me olemme ja mitä me teemme. Hakupäivä 13.3.2023. https://www.copart.fi/aboutus?intcmp=web_homepage_about_images_aboutcopart_public_en.
2. Autoalan tiedotuskeskus 2023. Liikennekäytössä olevien ladattavien henkilöautojen määrä. Hakupäivä 13.3.2023. https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys.
3. Tesla 2023. Model S Omistajan käsikirja. Hakupäivä 3.4.2023. <https://www.tesla.com/ownersmanual/models/fi/GUID-B2B9E17B-E1D5-4C48-9306-AC62A375038D.html>.
4. Auto-Data.net 2023. Tekniset tiedot Tesla Model S. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/tesla-model-s-model-2013>.
5. Tesla 2023. Model S. Hakupäivä 5.4.2023. <https://www.tesla.com/models>
6. Auto-Data.net 2023. Tekniset tiedot Tesla Model 3. Hakupäivä 28.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/tesla-model-3-model-2355>.
7. Tesla 2023. Varasto Model 3. Hakupäivä 5.4.2023. https://www.tesla.com/fi_FI/inventory/new/m3
8. Auto-Data.net 2023. Tekniset tiedot Tesla Model X. Hakupäivä 28.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/tesla-model-x-model-2014>.
9. Tesla 2023. Varasto Model X. Hakupäivä 5.4.2023. https://www.tesla.com/fi_FI/inventory/used/mx
10. Auto-Data.net 2023. Tekniset tiedot Tesla Model Y. Hakupäivä 28.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/tesla-model-y-model-2851>.

11. Agl Next 2023. Tesla Model Y. Hakupäivä 5.4.2023. <https://next.agl.com.au/ev-subscription/cars/tesla-model-y>
12. Auto-Data.net 2023. Toyota Yaris. Hakupäivä 17.1.2023. <https://www.auto-data.net/fi/toyota-yaris-model-490>.
13. Toyota 2023. Yaris. Hakupäivä 17.3.2023. <https://www.toyota.fi/autot/yaris>.
14. Auto-Data.net 2023. Toyota Prius. Hakupäivä 18.1.2023. <https://www.auto-data.net/fi/toyota-prius-model-429>.
15. Motor Trend 2023. Toyota Prius 2015. Hakupäivä 5.5.2023. <https://www.motortrend.com/cars/toyota/prius/2015/>
16. Auto-Data.net 2023. Toyota Auris. Hakupäivä 18.1.2023. <https://www.auto-data.net/fi/toyota-auris-model-421>.
17. TopGear 2012. Driven: Toyota Auris 1.8 VVT-I Hybrid. <https://www.topgear.com/car-news/driven-toyota-auris-18-vvt-i-hybrid>.
18. Auto-Data.net 2023. Toyota Corolla. Hakupäivä 24.1.2023. <https://www.auto-data.net/fi/toyota-corolla-model-407>.
19. Toyota 2023. Corolla Touring Sports. Hakupäivä 16.3.2023. <https://www.toyota.fi/autot/corolla-touring-sports>.
20. Moottori.fi 2020. MEB on sähköautoon suunniteltu perusrakenne. Hakupäivä 6.2.2023. <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/niin-mika-oli-meb-on-sahkoautoon-suunniteltu-perusrakenne/>.
21. Volkswagen 2023. VW further develops e-car platform MEB+. Hakupäivä 20.2.2023. <https://shaping-mobility.volkswagen.com/en/stories/vw-further-develops-e-car-platform-15349>.

22. Auto-Data.net 2023. Nissan Leaf. Hakupäivä 9.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/nissan-leaf-model-2078>.
23. Auto motor und sport 2023. Nissan Leaf ZE1. Hakupäivä 16.3.2023. <https://www.auto-motor-und-sport.de/marken-modelle/nissan/leaf/ze1/>.
24. Auto-Data.net 2023. Mitsubishi Outlander. Hakupäivä 8.2.2023. <https://www.auto-data.net/fi/mitsubishi-outlander-model-1721>.
25. Moottori.fi 2019. Koeajo: Uutta menneisyydestä – Mitsubishi Outlander PHEV Instyle. Hakupäivä 16.3.2023. <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/koeajo-uutta-menneisyydesta-mitsubishi-outlander-phev-instyle/>.
26. IDIS Consortium 2023. Safe Handling of High Voltage Electrical components in Electrical End of Life Vehicles. Hakupäivä 3.4.2023. https://www.globalsuzuki.com/xev_battery/download/pdf/idis_common_hv_en.pdf.
27. Toyota Motor Corporation 2012. TOYOTA PRIUS+ PRIUSV Hybrid Emergency Response Guide. Hakupäivä 30.1.2023. https://www.toyota-tech.eu/HYBRID/ERG/EN/erg_Prius_ZVW40.pdf.
28. Toyota 2023. Emergency Response Guides. Hakupäivä 12.3.2023. <https://www.toyota-tech.eu/euro5search/index?PUBTYPE=ERG>.
29. Tesla 2014. Tesla Adds Titanium Underbody Shield and Aluminum Deflector Plates to Model S. Hakupäivä 12.3.2023. <https://www.tesla.com/blog/tesla-adds-titanium-underbody-shield-and-aluminum-deflector-plates-model-s>.
30. Tesla 2020. INFORMATION FOR FIRST AND SECOND RESPONDERS EMERGENCY RESPONSE GUIDE TESLA MODEL 3 ELECTRIC. Hakupäivä 9.2.2023. https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/Model_3_Emergency_Response_Guide_en.pdf.

31. CNET.COM 2018. Volkswagen's MEB platform underpins a new generation of electric cars. Hakupäivä 13.2.2023. <https://www.cnet.com/roadshow/news/volkswagen-meb-electric-car-platform/>.
32. IDIS 2021. Disassembly Instructions for the High Voltage Battery Pack for Vehicle Recycling Audi Q4 e-tron. Hakupäivä 17.2.2023. Vaatii lisenssin.
33. Automobile Industry Portal Marklines 2018. Nissan LEAF Teardown: Lithium-ion battery pack structure. Hakupäivä 4.3.2023. https://www.marklines.com/en/report_all/rep1786_201811.
34. Battery Upgrade, Pairing? 2021. My Nissan Leaf.com. Keskustelufoorumi. Hakupäivä 4.3.2023. <https://www.mynissanleaf.com/viewtopic.php?t=32819>
35. Nissan North America Inc. 2020. First Responder's Guide. Hakupäivä 10.3.2023. <https://www.nissan-techinfo.com/refgh0v/og/FRG/2021-Nissan-LEAF-FRG.pdf>.
36. IDIS 2023. OUTLANDER-PHEV DRIVE BATTERY REMOVAL PROCEDURE. Hakupäivä 9.2.2023. Vaatii lisenssin.
37. Safe Jack 2023. 12 TON 6" UNIVERSAL LIFT PAD. Hakupäivä 10.4.2023. <https://safe-jacks.com/collections/bottle-jack-accessories/products/heavy-truck-tractor-trailer-heavy-equipment-jack-pad-for-12-ton-bottle-jack>.
38. Casamyek 2023. TOW TRUCK FLAT BEDS. Hakupäivä 10.4.2023. <https://www.casamyek.com/flat-beds-tow-truck>

SÄHKÖ- JA HYBRIDIAJONEUVOJEN MÄÄRÄT 2022

LIITE 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
36	755504	Skoda			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	MZC-133	2021	44588	TMBJC7NY6MF008707		
37	760637	Skoda	Citigo		SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	SOK-134	2020	32370	TMBZZAAZLD805719		
38	752456	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	RUR-579	2021	8900	LRW3E7EC7MC342539		
39	753501	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	CPP-886	2021	59919	5VJ3E7EB5MF890729		
40	754978	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	YLK-140	2021	6266	LRW3E7FA4MC421714		
41	756233	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	ESX-489	2021	26781	5VJ3E7EA0MF887549		
42	756358	Tesla			SÄHKÖ	PIRKKALA	EHDOULLINEN KORJAUS	GLA-285	2014	324954	5VJSA3H12EFP44857		
43	757665	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	CMH-750	2019	102335	5VJ3E7EB7KF216918		
44	758225	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	LRC-982	2021	19000	5VJ3E7EBXMF969264		
45	760639	Tesla			SÄHKÖ	PIRKKALA	EHDOULLINEN KORJAUS	YLN-332	2019	72559	5VJ3E7EB1KF321180		
46	761150	Tesla			SÄHKÖ	PIRKKALA	EHDOULLINEN KORJAUS	JTS-365	2021	20000	LRWYGCEK5MC059721		
47	761221	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	CPT-399	2021	69890	LRW3E7FA0MC350818		
48	761521	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	LRH-167	2021	26121	5VJ3E7EA3MF904747		
49	763838	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	JMJ-267	2021	38552	LRW3E7FAXLC114398		
50	766770	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	KUC-751	2018	91745	5VJSA7E27JF268510		
51	767351	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	BRX-629	2014	260000	5VJSA3H19EFP44936		
52	767542	Tesla			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	CRG-789	2021	4455	LRWYGCEK5MC125247		
53	745848	Volkswage UP!		Up! (12#) (BL#) 2012-	SÄHKÖ	PIRKKALA	EHDOULLINEN KORJAUS	LPT-435	2021	3667	WVWZZAAZMD920898		
54	749352	Volkswagen			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	CPL-436	2021	9855	WVWZZZE1ZMP049365		
55	753973	Volkswagen			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	FRE-469	2021	20000	WVGZZZE2ZMP016498		
56	756337	Volkswagen			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	ESR-640	2021	0	WVWZZZE1ZMP058546		
57	763372	Volkswagen			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	YKX-169	2022	2647	WVWZZZE1ZNP027589		
58	766774	Volkswagen			SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	XPR-920	2020	24004	WVWZZZE1ZMP023886		
59	768634	Volkswagen Golf		Golf VII 2013-	SÄHKÖ	ESPOO	EHDOULLINEN KORJAUS	YKS-257	2018	23841	WVWZZZAUZ18905020		
60	765895	Volvo	XC40 (536) 2018-		SÄHKÖ	PIRKKALA	EHDOULLINEN KORJAUS	NMF-853	2021	1	VV1XZEDVEM2499021		