

Markus Karhulahti

Opas korjaamolle sähköautojen huolto- ja korjaustoiminnan aloittamiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Ajoneuvotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

20.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Markus Karhulahti Opas korjaamolle sähköautojen huolto- ja korjaustoiminnan aloittamiseen 49 sivua + 4 liitettä 20.5.2019
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Lehtori Pasi Kovanen, Metropolia Osaamisaluepäällikkö Pekka Hautala, Metropolia Huoltojohtaja Rami Ainiala, Veho
<p>Tässä opinnäytetyössä tehdään kartoitus ja koulutus suunnitelma Vehon kuorma- ja linja-autokorjaamolle sähköajoneuvon huolto- ja korjaustoiminnan aloittamista varten. Kartoituksen pääaiheena on Mercedes-Benz eCitaro -kaupunkilinja-auto, joka vaatii mittavat valmistelut koulutuksen ja korjaamon kalustamisen osalta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus on olla korjaamon edustajaa varten laadittu opas, jolla saadaan näkemys siitä, kuinka mittavat valmistelut joudutaan ottamaan huomioon, mikäli aloitetaan huolto- ja korjaustoiminta sähköajoneuvoille.</p> <p>Opinnäytetyössä valmistetaan Veho Ylästön korjaamo tehtaan testiautoa varten sekä tutkitaan, mitä kaikkea tulee miettiä ennen asiakasautojen saapumista. Vehon korjaamo kartoitettiin aikaisempien työkaluhankintojen ja koulutusten osalta sekä mekaanikot koulutettiin koulutusohjelman mukaisesti ensimmäisen tason korkeajänniteperehdytyksellä.</p> <p>Lisäksi työssä kuvataan pääpiirteittäin, miten raskas sähköajoneuvo (eCitaro) eroaa kevytkalustosta (eVito) korkeajännitejärjestelmän ja työturvallisuuden osalta.</p>	
Avainsanat	Ajoneuvotekniikka, korjaamo, linja-auto, sähköauto, koulutus

Author Title Number of Pages Date	Markus Karhulahti Servicing and Repairing Electric Cars – A Guide for the Workshop 49 pages + 4 appendices 20 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Master's Degree Programme in Automotive Engineering
Professional Major	
Instructors	Pekka Hautala, Head of Department Pasi Kovanen, Senior Lecturer Rami Ainiala, Head of Service Department
<p>The purpose of this Master's thesis was to make a survey and a training plan for Veho Truck and Bus workshops to start servicing and repairing electric vehicles. The focus of this survey was the Mercedes-Benz eCitaro city bus, which requires extensive preparations of training and equipment for the workshop.</p> <p>The main objective of the thesis is to prepare and write a guide for the workshop, which provides an insight into how to consider the massive preparations when starting maintenance and repair for electric vehicles.</p> <p>One main part of the thesis was to prepare the Veho Ylästö workshop for the arrival of the Mercedes-Benz eCitaro demo vehicle and to investigate all the necessary preparations for the future customer vehicles. First the previous tool purchases in the workshop were studied and previous training sessions for working in the workshop were analyzed. After that the first level high voltage orientation training was organized for the mechanics</p> <p>Also, the differences between a heavy-duty electric vehicle (eCitaro) and a light-duty electric vehicle (eVito) are compared, especially the technical differences, the differences between the necessary tools and safety instructions, are discussed.</p>	
Keywords	automotive technology, workshop, bus, electric vehicle, training

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	EvoBus – yritysesittely	3
3	eCitaron tekniikka verrattuna kevytkalustoon – eVito	4
3.1	eCitaron tekniikka	4
3.1.1	Akut ja akkukapasiteetti	4
3.1.2	Akun korjaus	6
3.1.3	Lataus	6
3.1.4	Ajomoottori	8
3.1.5	Lisälaitteet	9
3.1.6	Jarruvastus (Brake resistor)	11
3.1.7	Jännitteettömäksi tekeminen	11
3.1.8	Jännitteen takaisinkytkeminen	15
3.2	eVito – tekninen katsaus	16
3.2.1	Akut ja akkukapasiteetti	16
3.2.2	Lataus	16
3.2.3	Ajomoottori	17
3.2.4	Lisälaitteet	18
3.2.5	Jännitteettömäksi kytkeminen	18
3.2.6	Jännitteen takaisinkytkeminen	20
3.3	Ajoneuvojen järjestelmien eroavaisuudet korjaamon näkökulmasta	20
4	Lainsäädäntö ja asetukset	22
4.1	Saksan sähköturvallisuusohjeet	22
4.2	Kansallinen sähköturvallisuuslaki	22
4.3	Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002	25
4.4	ECE R 100 -sääntö	27
4.5	Työn suorituksesta vastaava henkilö	28
5	Korjaamon kartoitus	29
5.1	Haastattelut	29
5.2	Aikaisemmat kokemukset	29
5.3	Mekaanikkojen koulutus	30

6	Korjaamon valmistelu	31
6.1	Korjaamon luokitus	31
6.2	Korjaamon varustaminen	31
6.2.1	Korjaamon varustaminen esittelyauton väliaikaista vierailua varten	32
6.2.2	Korjaamon varustaminen jatkuvaan korjausvalmiuteen	38
6.3	Akkupaketin korjausvarusteet	41
7	Koulutus	43
7.1	Kuljettajan ja varikkohenkilökunnan koulutus	43
7.2	Yleinen korjaamokoulutus henkilökunnalle	44
7.3	Korkeajännitejärjestelmän koulutus	44
7.3.1	Koulutusputken eri tasot	44
7.3.2	Perehdytys korkeajännitejärjestelmiin	45
7.3.3	Mallikohtainen koulutus	46
7.3.4	Korkeajännitejärjestelmän ammattihenkilö	47
8	Yhteenveto	48
	Lähteet	50

Liitteet

Liite 1. Korjaamon auditointilista eCitaro-korjausvarustus

Liite 2. Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit

Liite 3. SFS600 -sähkötyöturvallisuusstandardi, liite U sähkö- tai hybridiajoneuvo

Liite 4. SFS6002-sähkötyöturvallisuusstandardi, liite X9 ja X10 - Koulutusvaatimukset

Lyhenteet

AC	Alternate Current
CAN	Controller Area Network
DC	Direct Current
DOD	Depth of Discharge (=kuinka syvään akun lataus voidaan purkaa)
eCitaro	electric -version automallista Citaro
HV	High Voltage
LMP	Lithium Metal Polymer
MB	Mercedes-Benz
NMC	Nickel Manganese Cobalt
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulse Width Modulated (pulssileveysmoduloitu signaali)
SOC	State of Charge

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on olla ohjeistus Vehon kuorma- ja linja-autokorjaamoille sähköistettyjen hyötyajoneuvojen saapumiseen Suomen markkinoille. Tämän työn avulla korjaamo voi arvioida, miten henkilökunta on perehdytettävä ja koulutettava sekä soveltuvatko korjaamon tilat sähkö- ja hybridi ajoneuvon korjaamiseen.

Hyötyajoneuvoissa esitellään lähivuosina monta uutta sähköistettyä mallia. Osa malleista on jo koeajossa asiakkailta Saksassa sekä muissa Euroopan maissa. Daimlerin malleja Euroopassa on Fuso eCanter (jakeluauto), Mercedes-Benz eActros (suuri jakeluauto) sekä tässä opinnäytetyössä käsiteltävä ajoneuvo Mercedes-Benz eCitaro (kaupunkiliikennelinja-auto). Vehon pisteissä on ollut useita vuosia jo yhtä hybridi automallia: Fuso Canter Eco HYBRID on ollut korjaamolla tuttu näky jo pidemmän aikaa. Näitä huoltavat korjaamoiden silloiset työntekijät on perehdytetty huoltamaan ja korjaamaan ajoneuvoja, joissa on varusteena hybriditekniikkaa tai pelkästään sähköinen voimalinja. Koulutus ja ohjeistus tehtiin senhetkisen lainsäädännön mukaan. [1]

Opinnäytetyö käsittelee ohjeistusta korjaamon näkökulmasta. Työssä selvitetään ajantasainen kansallinen ohjeistus ja lainsäädäntö sähköajoneuvon huolto- ja korjaustöihin liittyen. Ohjeistusta voi yleisesti käyttää kaikkiin Vehon kuorma- ja linja-autopisteisiin. Esimerkkikorjaamona toimii Vehon Ylästön (Vantaa, Ansakuja) piste.

Pohjaksi tälle opinnäytetyölle olen hankkinut itselleni pätevyyden kouluttaa mekaniikkoja eCitaron korkeajännitetekniikan ja voimansiirron osalta. Linja-auton koritekniikka vastaa tavallisia dieselautomalleja. Ensimmäinen askel oli suorittaa itse SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskurssi (suoritettu 16.12.2018). Seuraavaksi osallistuin eCitaron Technical Trainingiin, joka järjestettiin Dortmundissa 12.–14.2.2019. Daimlerin eMobility Consultingin edustaja vieraili Ylästön korjaamolla 15.2.2019. Silloin tarkastettiin yhdessä tehtaan kanssa, mitä valmiuksia ja muutoksia korjaamolle pitää korjaamovarustelun puolesta tehdä. Huhtikuussa saapuu tehtaan esittelyauto muutamaksi viikoksi Suomeen, ja sitä varten oli korjaamon oltava valmis koulutuksen ja kaluston osalta.

Kouluttautumisen ja tehtaan edustajan vierailun jälkeen ryhdyttiin selvittämään vaadittavia muutoksia tehtaan ja kansallisten tarpeiden mukaan. Iso osa työstä oli selvittää vaaditut kurssit, tehdä koulutussuunnitelma sekä toteuttaa ensimmäiset koulutukset.

Työn tuloksena syntyy koulutussuunnitelma sähköautovalmiutta varten, ohjeistus korjaamon vaatimuksista sähköautojen korjausta ja huoltoa varten sekä yksi esimerkkikorjaamo, jolle nämä muutokset toteutetaan.

Tässä työssä esitellään ajoneuvo, jonka ympärille korjaamoa kalustetaan sekä verrataan raskasta ja kevyttä sähköautoa tekniikan osalta. Tässä työssä annetut ohjeet eivät korvaa valmistajan antamia työohjeita. Ajantasaiset työohjeet tarkistettava korjaamokirjallisuudesta ennen työn aloittamista.

Odotamme että muutaman vuoden sisään saataisiin ensimmäiset asiakasautot myytyä ja toimitettua. Kyseisen automallin potentiaalisimmat asiakkaat ovat suuria linja-autoliikennöitsijöitä, jotka liikennöivät pääkaupunkiseudun joukkoliikenteessä. Tämän johdosta suurin korjaamokapasiteetin tarve tulee lähivuosina olemaan Vantaan korjaamolla.

2 EvoBus – yritysesittely

EvoBus GmbH on Daimler AG Euroopan suurin tytäryhtiö. EvoBus vastaa Daimlerin linja-autojen toiminnoista. Brändeihin kuuluu merkkeinä Mercedes-Benz ja Setra. Korjaamobrändit ovat OMNIplus ja BusStore. EvoBus työllistää yli 8 000 henkilöä. EvoBusin pääkonttori sijaitsee Saksassa, Neu-Ulmissa. Linja-autojen valmistus on hajautettu eri tehtaisiin. Setran turistiautot valmistetaan Neu-Ulmin tehtaalla, Mercedes-Benzin turistiautot tulevat Neu-Ulmista ja Turkista. MB-kaupunkiliikenneautot valmistetaan Mannheimin tehtaalla, Setran kaupunkiliikenneautot Turkissa. Saman tehtaalla valmistetaan alustoja. Alustat sisältävät runkorakenteen, moottorin ja voimansiirron sekä ajoelektroniikan vaatiman sähköjärjestelmän (esim. mittaristot, luistohallinta ja jarrutekniikka). Eri koritehtaat ympäri maailmaa valmistavat runkorakenteista omavalmisteisia, paikallisia linja-autoja.

EvoBus valmistaa raskaiden linja-autojen lisäksi MB Sprinter -pohjaisia, maksimissaan 22-paikkaisia linja-autoja. Nämä kevyemmät linja-autot valmistetaan Dortmundin tehtaassa.

EvoBus käyttää tuotteissaan paljon yhteistyökomponentteja Mercedes-Benz Trucks -tuotteista. Moottorit, vaihteistot, päästönpuhdistuslaitteistot sekä elektroniikkakomponentit ovat yhteisiä osia.

EvoBus toimii Daimlerin tavoin monessa maassa suoraan Daimlerin hallinnoimissa toimipisteissä. Suomessa Veho hoitaa EvoBusin tuotteiden maahantuonnin ja jälkimarkkinoinnin. [2.]

Daimler eMobility Consulting on Daimlerin oma osasto, joka antaa tukea kansainvälisesti sähköisten ajoneuvojen ajojärjestelyn suunnittelussa. Ajoneuvojen, kuten esimerkiksi linja-autojen, vuorovälit ja reitit täytyy suunnitella uudelleen sähköautojen ja latauspisteiden ehdoilla. eMobility Consulting tarjoaa tiimensä paikan päälle suunnittelemaan, ja suunnitelmat tehdään pitkäjänteisesti. [3]

3 eCitaron tekniikka verrattuna kevytkalustoon – eVito

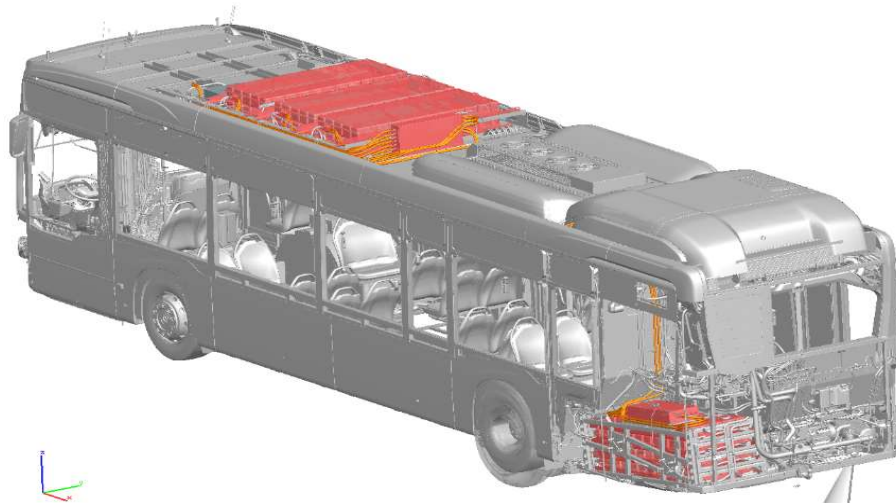
Opinnäytetyössä valmistellaan korjaamo eCitaron korjaus- ja huoltotöitä varten. Vertaan seuraavaksi kahta eri sähköautoa keskenään, kevyttä pakettiautoa ja linja-autoa. eVitoa on ollut jo aikaisempaan mallisarjana tarjolla pieni määrä testiautoja. Nämä autot olivat leasing-ajoneuvoja kahden vuoden sopimuksella. Sopimuksen päätyttyä autot palautuivat tehtaalte. Autot olivat mm. Postin ja sähköyhtiöiden ajossa. Korjaamolle (jonka alueelle testiautot tulivat käyttöön) tehtiin valmisteluja työkalujen ja koulutuksen osalta, kun eVito saapuivat Suomeen. Vertailussa tarkastellaan ajoneuvojen tekniikkaa ja selvennetään, miksi jo käytössä olevia työkaluja ja valmiuksia ei voi hyödyntää kuin pieneltä osin. Nyt vertailuun otetaan mukaan uusi Mercedes-Benz eVito (mallisarja 447).

3.1 eCitaron tekniikka

eCitaro on lanseerattu 7/2018 ja se on ensimmäinen EvoBusin valmistama sähkökäyttöinen linja-auto. Tekniikka on osittain tuttua aikaisemmista tuotteista kuten Citaro Hybridistä ja Citaro Fuel Cellistä. Nyt tekniikkaa on päivitetty vastaamaan tämänhetkistä mallisarjaa ja eCitaroon on otettu kokeiluun myös uusia teknisiä innovaatioita kuten ilmastointi, joka toimii CO₂-kylmäaineella. [4]

3.1.1 Akut ja akkukapasiteetti

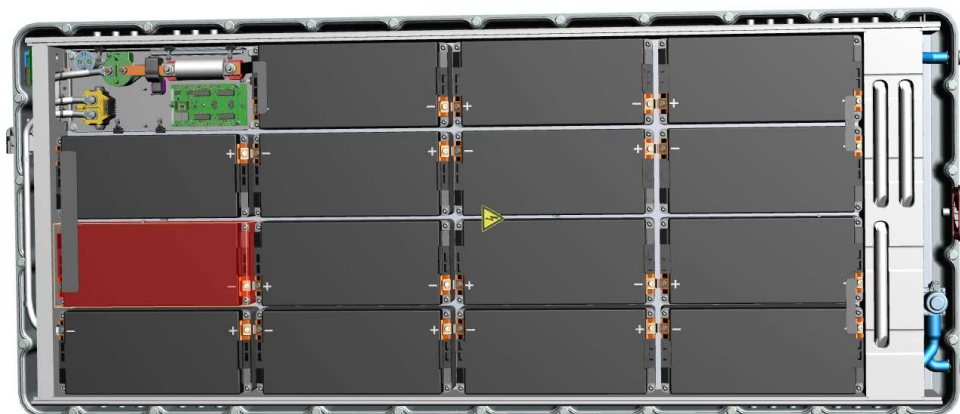
eCitaron akkukapasiteetti on perusvarusteltuna 243 kWh. Akkupaketteja on asennettuna autoon 10 kpl (6 katolla ja 4 takatilassa, kuva 1). Yhden akun kapasiteetti on 24,5 kWh ja korkeajännitejärjestelmän jännite on 650–750 V. Akkukemia on tämänhetkissä akuissa NMC, tulevaisuudessa tarjolle tulee myös LMP. Akkupaketteja voi halutessaan asentaa lisää, maksimissaan 12 kpl.



Kuva 1. Akkupakettien sijainti eCitarossa [5, s. 9].

Yksi akkupaketti koostuu 15:sta sarjaan kytketystä moduulista (kuva 2). Yhden moduulin kapasiteetti on 37 Ah ja jännite 44 V. Energiaa moduuli voi varastoida 1,629 kWh. Akun käytettävissä oleva SoC on minimissään 30 % ja maksimissaan 90 %. Tämä tarkoittaa, että akkupaketin energiamäärästä on maksimissaan käytössä 60 %. Ilmoitettu akun nimelliskapasiteetti on 243 kWh.

Jokainen akkupaketti on itsenäinen yksikkönsä. Akkupaketti sisältää myös valvonta-elektroniikan, irrotuskontaktorit, oman sulakkeen ja jäähdytysjärjestelmän liitännän. Valvontaelektroniikka on kytketty akkupakettien CAN-väylään; fyysinen sijainti määrätään ohjainlaitteen liitinjärjestyksellä ajoneuvon johtosarjan puolelta. Akkukotelo on tiivistetty ulkoilmasta, millä hidastetaan moduulien mahdollinen palaminen hajoamisen seurauksena.



Kuva 2. Akkupaketin sisältö [5, s. 9].

Kaikki akkupaketit on kytketty lähimpään kytkentärasiaan (junction box), ja näitä kytkentärasioita löytyy kaksi kappaletta (katolla ja takana). Tämä rasia kytkee kaikki akkupaketit katolla ja takatilassa rinnakkain samaan potentiaaliin. [5, s. 9-14.]

3.1.2 Akun korjaus

Akkupaketti on ikääntyessään tai rikkoontuessaan suunniteltu korjattavaksi korjaamolosuhteissa. Uutta akkupakettia ei voi osaa täydellisenä osana johtuen siitä, että logistisesti paketti on kuljetettava vaarallisena pakettina. Akun korjauksen mekaanikko on koulutettava jännitetyöhön, minkä lisäksi korjaamolta täytyy löytyä jännitetyöskentelyyn tarkoitettu erillinen tila (ks. luku 6.3) [5, s. 177].

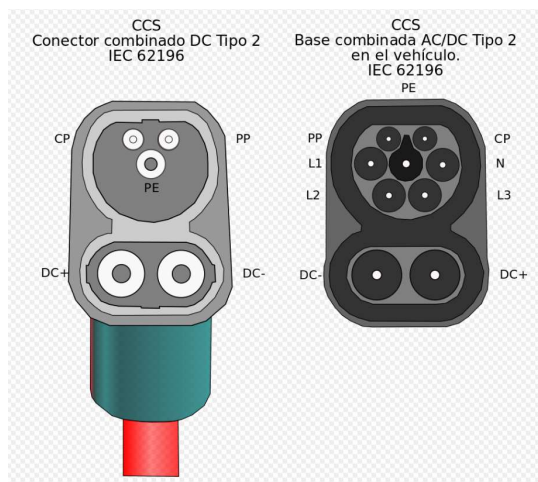
3.1.3 Lataus

Auto on suunniteltu ladattavaksi yön yli tapahtuvalla latauksella. Tällä hetkellä autoon on tarjolla kolmea eri tehoista latauslaitetta: 25 kW, 40 kW tai 60 kW. Tehokkaampaa latausmahdollisuutta ei ole tällä hetkellä (myöhemmin on tulossa Pantograph-pikalataus, jopa 150 kW:n latausteho). Akun nimelliskapasiteetin lataus kestää teoriassa tehokkaimmalla 60 kW:n latauslaitteella noin 4 h. Tähän lisätään vielä kylmänä pakkasaamuna tapahtuva auton lämmitys ennen liikkeelle lähtöä. Tämä lisää tarvittavaa latausaikaa. [5, s. 32–36.]

eCitaro on varustettu CCS2 (Combined Charging System 2) -standardin latauspistokkeella (kuva 3). eCitaro käyttää latausstandardina CCS 2.0, latausaseman standardi on IEC 61851-23, ja latausaseman ja auton välinen yhteys on DIN SPEC 70121:2014. eCitaroa voi ladata ainoastaan tasavirralla (DC); pistokkeessa ei ole kytkettynä ollenkaan vaihtosähköllä (AC) tapahtuvaa latausmahdollisuutta. Jotta latauslaitteesta voi saada täyden tehon irti, on latauslaite kytkettävä 3-vaihepistokkeeseen ja sulakkeiden on oltava 63 A. On varmistettava, että sulakkeiden takana ei ole haaroitettua, toista voimavirtapistotetta. Tällöin sulakkeet voidaan tahattomasti ylikuormittaa. Latauslaitteen pistokkeeseen on kytketty varsinaisten latausnastojen lisäksi CP-linkki (Control Pilot -signaalilinkki latauslaitteen ja ajoneuvon välillä) sekä potentiaalinen tasausjohdin. CP-linkin kautta PWM-signaalilla vahvistetaan latauslaitteen ja ajoneuvon oikea lataustoiminta, näin varmistetaan, että lataus tapahtuu oikeanlaisesti. Latausjännite on 750 V. [6; 7]



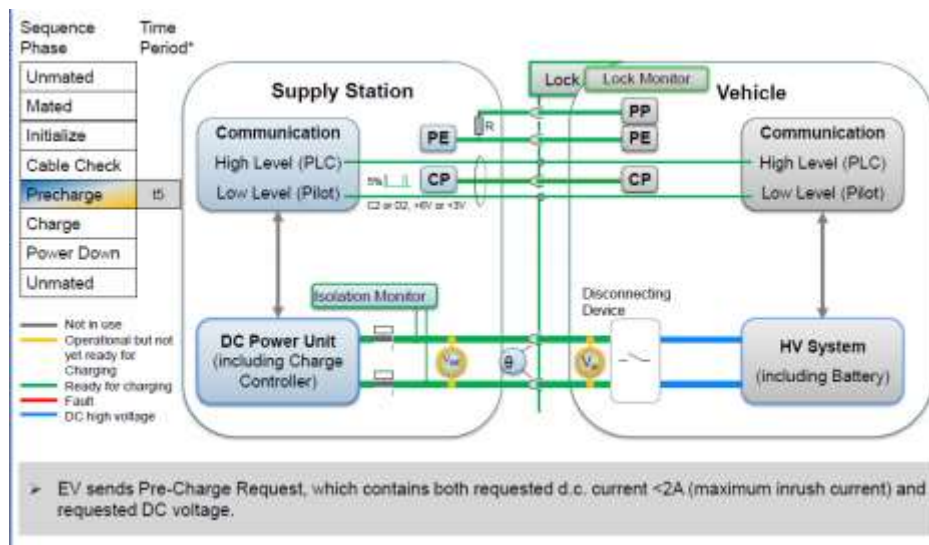
Kuva 3. CCS2-latauspistoke [5, s. 23].



Kuva 4. CCS2-latauspistoke, nastajärjestys [6].

Kun latauslaite kytketään kiinni, lukitsee auto latauslaitteen pistokkeeseensa. Tämän jälkeen latauslaite tarkastaa CP-linkin avulla, että ajoneuvoa voidaan alkaa ladata eikä virheilmoituksia ole. Akkupaketien releiden kytkennän jälkeen lataus alkaa.

Tulevaisuudessa auton voi varustaa toimintamatkan pidentäjällä (range extender), jolloin polttokennolla voi ladata akkuja ajon aikana. Tarjolle tulee myös Pantograph-pikalatauslaite, joka mahdollistaa akkujen lataamisen päätepysäkeillä. Pantographilla ladattaessa, ainoa mahdollinen tarjolla oleva akkukemia on NMC. Tämä akkukemia soveltuu pikalataamiseen. Kaikki akkupaketit on kytketty rinnakkain toisiinsa nähden. [3]



Kuva 5. DC-latauksen kytkentä ajoneuvoon standardilla DIN SPEC 70121:2014 (< 80 kW) [7, s. 18].

3.1.4 Ajomoottori

eCitaro on varustettu ZF:n AVE 130 -taka-akselistolla (kuva 7). Akselisto on suunniteltu erityisesti matalalattialinja-autoihin. Akselistossa ei ole varustettuna perinteistä tasauspyörästöä, vaan sähkömoottorit ovat nk. napamoottoreita. Sähkömoottori on kytketty suoraan pyörän napaan, ja moottorit ovat molemmissa takapyörissä. Moottori on nk. induktiomoottori, ja vääntömomentti itse sähkömoottorissa on 485 Nm. Tämä olisi linja-autokäyttöön liian vähän, mutta napa on varustettu planeettapyörästöllä ja näin pyörälle saadaan vääntömomenttia jopa 11 000 Nm. Sähkötehoa moottorista saadaan 250 kW huipputehoa. Ajomoottorit ovat 3-vaihetoisia vaihtovirtamoottoreita ja toimintajännite on 400V. Ajomoottoreita on aina vähintään kaksi, ja molemmille on oma invertterinsä (kuva 6), joka muuntaa tasasähkön moottorille sopivaksi vaihtosähköksi. Mikäli toiseen

piiriin tulee vikaa, voidaan autoa ajaa hitaasti hätäkäytöllä. Siten auto saadaan aina siirrettyä tarvittaessa pois vaarallisesta liikennepaikasta turvallisemmalle alueelle. [5, s. 57–58.]



Kuva 6. Ajomoottorin invertteri [5, s. 57].



Kuva 7. ZF AVE 130 -taka-akseli napamoottoreilla [5, s. 58].

3.1.5 Lisälaitteet

Ilmastointi

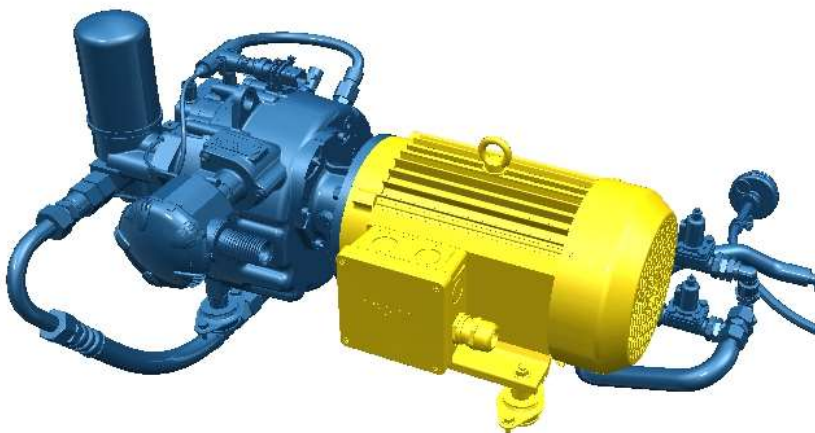
Ilmastoinnin kompressori toimii korkeajännitteellä (400 V) ja nimellisteho on 30 kW. eCitaro on ensimmäinen Daimlerin hyötyajoneuvoista, joka on varustettu CO₂ -kylmäaineella. CO₂ vaatii toimiakseen korkean paineen (180 bar) ja tämän takia kompressori toimii korkeajännitteellä. Virransyöttö hoidetaan omalla invertterillä. Kyseinen invertteri hoitaa myös 24 V:n järjestelmän komponenttien sähkönsyöttöä. Ilmastoinnin kattolaitteisto löytyy kuvasta 8 [5, s. 83.]



Kuva 8. Ilmastoinnin laitteisto sijoitettuna katolle ja takana näkyvä sininen CO₂-kylmäainekompressor [5, s. 86].

Paineilmakompressor

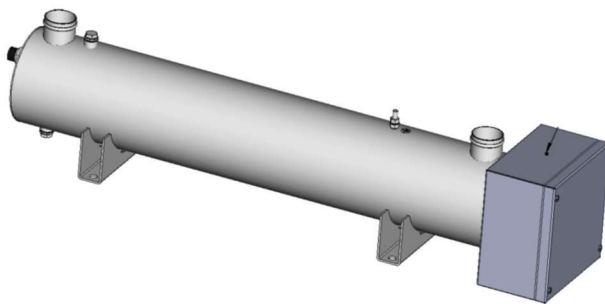
Hyötyajoneuvossa on perinteisesti useampi ajoon tarvittava järjestelmä, jotka toimivat paineilmalla. eCitarossa alustan säätö/jousitus sekä jarrut toimivat paineilmalla. Paineilmakompressor (kuva 9) on sijoitettuna auton takatilaan ja toimii korkeajännitteellä. Paineilmakompressorille on olemassa samanlainen invertteri kuin ilmastoinnin kompressorillekin, sama invertteri syöttää myös 24 V:n järjestelmää. Tehoa paineilmakompressorin sähkömoottorilla on 15 kW. [5, s. 70.]



Kuva 9. Paineilmakompressor sähkömoottorilla, sijoitettuna auton takaosaan [5, s. 70].

3.1.6 Jarruvastus (Brake resistor)

Jarruvastus (Brake resistor, kuva 10) on tehokas vastus, jolla sähkövirtaa voidaan purkaa lämpöenergiaksi. Mikäli akut ovat täyteen ladatut ja sähkömoottorilla halutaan jarruttaa, pitää sähkömoottoreilla jarrutettu energia saada purettua. Jarruvastus ottaa vastaan tämän energian ja purkaa sen lämpönä jäähdytysnesteeseen. Linja-autoille suoritetaan vuoristotesti, jossa akku ladataan täyteen vuoren huipulla. Auto pitää saada mäkettä alas, vauhtia pitää voida pystyä hidastamaan, ilman että jarrut ylikuumenevat. eCitarossa jarruvastus on teholtaan 90 kW. Tätä samaa vastusta käytetään myös auton jäähdytysnestekiertojen lämmittämiseen. [5, s. 80.]



Kuva 10. Jarruvastus [5, s. 80].

3.1.7 Jännitteettömäksi tekeminen

Mikäli korjaustyö kohdistuu korkeajännitekomponentteihin, on ajoneuvo tehtävä valmistajan ohjeiden mukaan jännitteettömäksi ja jännitteettömyys on todettava ennen töiden aloittamista. Työskentelyyn liittyy eri standardeja sekä lainsäädäntöä, joista kerrotaan erikseen luvussa 5. Tässä luvussa käsitellään ainoastaan eCitaron jännitteettömäksi tekeminen EvoBusin ohjeiden mukaan. Jännitteettömäksi tekeminen on tarkkaan ohjeistettu prosessi. Tämä ohjeistus ei korvaa valmistajan ajantasaisia ohjeita, ne on tarkastettava aina EvoBusin omasta korjaamojärjestelmästä ennen työhön ryhtymistä.

Ajoneuvo on varustettava korjaamo-olosuhteissa sähkötyöohjeiden mukaan varoituskylteillä "ajoneuvo virraton" tai "jännitteellinen ajoneuvo". Mikäli auto on varustettu Pantograph-pikalatauslaitteella, on ajoneuvo tehtävä virrattomaksi ennen huolto- ja korjaustoimenpiteitä. Syy tähän on Pantographin avoimissa liittimissä. Katolla liittimet ovat avoimia, turvaetäisyydet eivät ole riittävät avoimiin liittimiin nähden. Liittimet pitää joko suojata mekaanisesti tai tehdä ajoneuvo jännitteettömäksi. Pantograph on varustettu omilla

kontaktoreilla. Kuitenkin ennen huolto- ja korjaustoimienpiteiden aloittamista on lyhyiden turvaetäisyyksien takia jännitteettömyys todettava tai avoimet, katolla olevat kontaktorit suojattava mekaanisesti.

Jännitteettömäksi tekeminen aloitetaan irrottamalla latauslaite (mikäli se on kytketty). Tämän jälkeen kuljettajan paikan hätävapautinkatkaisija painetaan aktiiviseksi. Hätävapautinkatkaisija lukitaan (kuva 11), jotta tahaton vapauttaminen ei olisi mahdollista. Lukon avaimet mekaniikko pitää itsellään, niitä ei saa missään tapauksessa jättää lukon läheisyyteen. Tämän jälkeen autoon kytketään päälle sytytysvirta, ja mittariston tulee näyttää aktiivista vikaa korkeajännitejärjestelmässä kuten kuvassa 12. [5, s. 114–137.]



Kuva 11. Hätävapautin lukittuna kuljettajan paikalla [5, s. 123].



Kuva 12. Ajotietokoneen näyttämä virheilmoitus hätävapautin aktivoituna [5, s. 123].

Auton latausliittimen luukku on teipattava kiinni; teippi toimii sinettinä ja estää latauslaitteen tahattoman kytkemisen. Tämän jälkeen ajoneuvon 24 V:n akut kytketään irti ajoneuvosta päävirtakatkaisijalla. Akut kytketään irti, jotta estetään katolla tahaton oikosulku avoimien liittimen takia. Inverttereissä 24 V:n liittimet ovat suojaamattomia.

Seuraavaksi siirrytään katolle sulakerasian luokse mittaamaan piirien jännitteettömyys. Ennen mittausta on mittalaitteen eheys todettava referenssijännitettä vasten (esim. akku tai virtalähde, jonka jännite on tiedossa). Jännitteettömäksi toteamisen jälkeen on mittari vielä kytkettävä referenssijännitteeseen; näin todetaan, että mittari ei ole hajonnut mittausten aikana.



Kuva 13. Korkeajännitejärjestelmän sulakerasia sijoitettuna ajoneuvon katolla.

Sulakerasian kannen voi avata, vaikka jännitteettömyyttä ei ole vielä todettu. Sulakkeet on suojattu ja kannen alla löytyy omat mittapisteet, jolla virtakiskojen jännitteettömyys voidaan todeta avaamatta välikantta. Kun jännitteettömyys on todettu kuvassa 13 näkyvistä mittauspisteistä, voidaan välikansi avata ja mitata sulakkeiden yli mahdolliset jännitteet. Mikäli jännitettä ei todeta missään pisteessä sulakerasiassa, voidaan luottaa, että ajoneuvon korkeajännitekomponentit jännitteettömiä. Seuraavaksi siirrytään liitántärasioiden pariin (junction box, kuva 14 ja 15). Korkeajänniteliitin irrotetaan liitántärasialta katolla ja takatilassa.



Kuva 14. Korkeajänniteliitin kytkentärasialla (junction box) [5, s. 130].



Kuva 15. Liitin suojattuna kytkentärasian irti kytkemisen jälkeen [5, s. 130].

Kun liittimet on irrotettu molemmista kytkentärasioista ja suojattu asianmukaisella suojauksella, on sulakerasiassa mittapisteet vielä sillattava kytkentäsillalla. HV+ ja HV- kytketään samaan potentiaaliin, kytkemällä ne ajoneuvon runkopotentiaaliin. Tämä purkaa virtaa kondensaattoreista, mikäli niihin on varastoitunut vielä virtaa. Nyt ajoneuvo on tehty valmistajan ohjeiden mukaan jännitteettömäksi. Tulee kuitenkin muistaa, että akuissa on vielä varausta, jota ei saa kytkettyä pois päältä. [5, s. 114–137.]

3.1.8 Jännitteen takaisinkytkeminen

Kun korjaustoimenpiteet on suoritettu, voidaan ajoneuvo kytkeä takaisin jännitteelliseksi. Kun ajoneuvoon kytketään jännite takaisin, on suoritettava mittauksia, joista on tehtävä pöytäkirja. Pöytäkirja täytetään, jotta mahdollisen vaaratilanteen sattuessa, on todiste siitä, että riittävät tarkastukset on tehty. Suoritettavia mittauksia ovat potentiaalin tasausjohtimien kunnon mittaus sekä eristysvastuksen vastusarvon mittaus. eCitaroon tulee mittauksiin käyttää valmistajan nimeämää laitetta epätavallisen korkeiden jännitteiden takia. Työkaluista kerrotaan tarkemmin luvussa 6, Korjaamon valmistelu (kuva 16).

Potentiaalin tasaisuus mitataan, jotta varmistetaan että kaikkien korkeajännitekomponenttien rungot ovat samassa potentiaalissa auton rungon kanssa. Potentiaalin on oltava sama, jotta mahdollinen vikatilanne voidaan auton diagnoosijärjestelmässä todeta luotettavasti. Mikäli potentiaali ei ole korkeajännitekomponentissa sama muun auton kanssa, on mahdollista, että eristysvastusvikaa ei havaita auton omassa diagnostiikassa ja sähköiskun vaara on mahdollinen. Potentiaalin tasaisuusmittaus on ehdottomasti tehtävä ajoneuvon valmistajan ohjeiden mukaan.

Eristysvastusmittaus tehdään potentiaalin tasaisuuden toteamisen jälkeen. Ensin siltaukset puretaan sulakerasiasta, muuten mittauksesta tulee virheellinen tulos. Eristysvastusmittaus tehdään välillä HV+ ja ajoneuvon runko sekä HV- ja ajoneuvon runko.

Kun mittaukset on suoritettu valmistajan ohjeistuksen mukaisesti, kytketään ajoneuvo jännitteelliseksi vastakkaisessa järjestyksessä kuin irtikytkeä. Tämän jälkeen ajoneuvo on valmis käyttöön. [5, s. 138–173.]



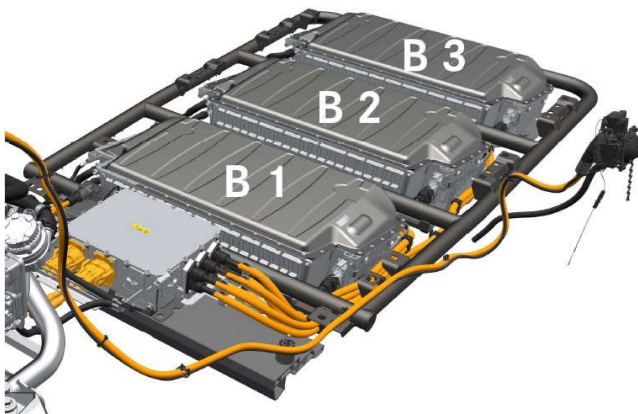
Kuva 16. Hyväksytty mittalaite Gossen Metrawatt 506a, jota käytetään potentiaalitasausjohtimien ja eristysvastuksen mittaukseen [5, s. 144].

3.2 eVito – tekninen katsaus

eVito mallisarja 447 on juuri tullut markkinoille, Suomessa autoa ei vielä ole saatavilla. Tehtaan testiajoneuvot liikennöivät tällä hetkellä Saksan markkinoilla.

3.2.1 Akut ja akkukapasiteetti

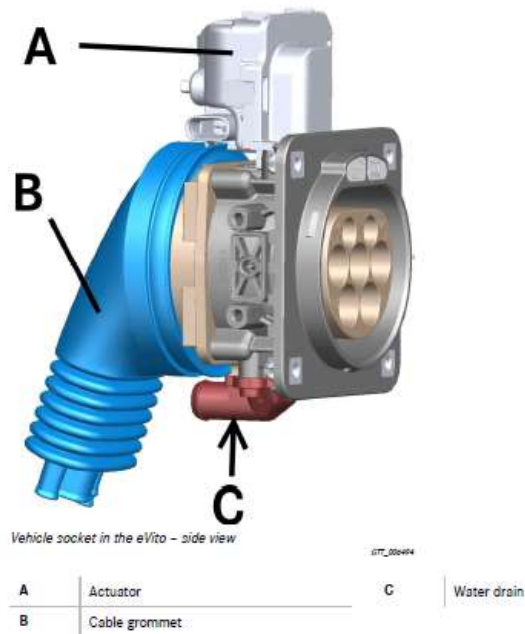
Akkupaketteja eVitosta löytyy yhteensä kolme kappaletta. Ne on sijoitettu auton pohjalevyn alle (kuva 17). Akkupaketit ovat rinnan kytkettyjä ja nimetty B1, B2 ja B3. Yhdessä akussa kennoja on 100 kpl. Yhden akkupaketin jännite on 365 V, nimelliskapasiteetti 13,8 kWh ja SoC:n takia käytössä oleva todellinen kapasiteetti on 11,7 kWh. Yhden akkupaketin paino on 112 kg, akkupaketti on nestejäähdytetty. Akkupakettia ei ole tarkoitettu korjattavaksi, vaan uusitaan kokonaan, mikäli akku vikaantuu [8, s. 25–30.]



Kuva 17. eViton akkupaketit sijoitettuna [8, s. 27].

3.2.2 Lataus

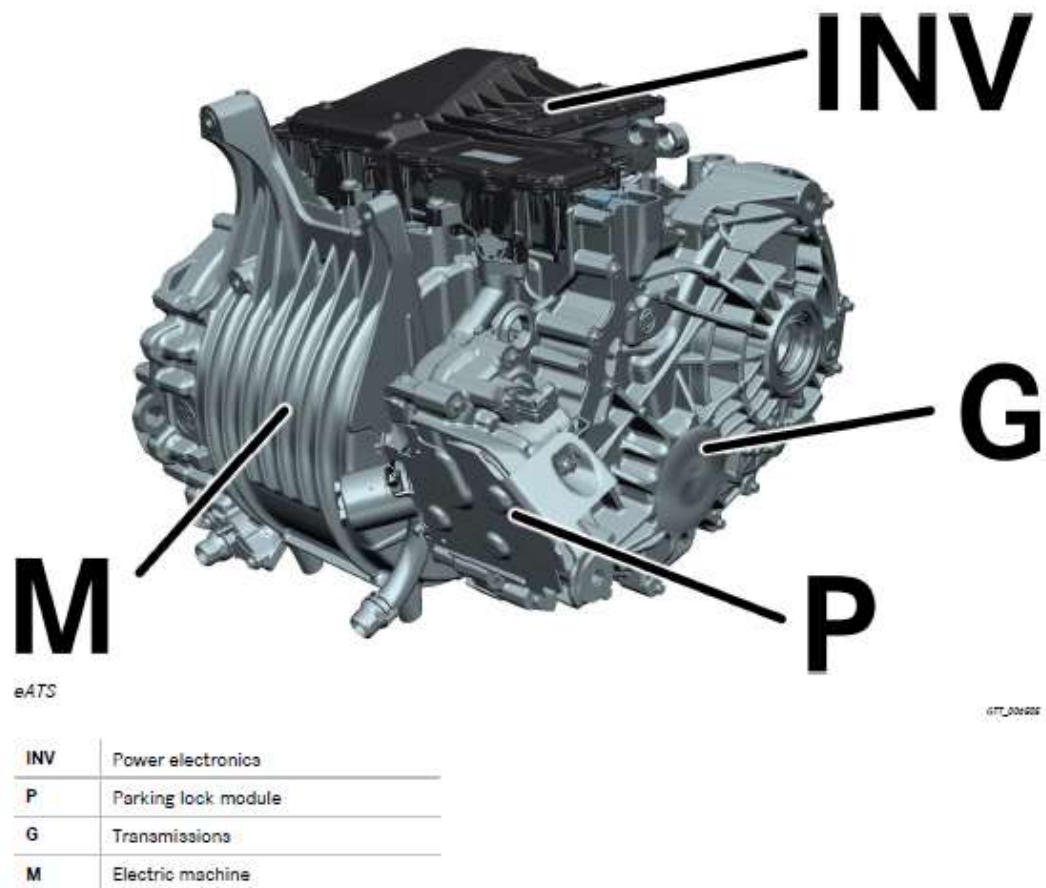
eVito on varustettu pistokkeella, jonka tarkka standardi on IEC 62196 Type 2 (Mennekes) (kuva 18). Vaikka liitäntä on puoliksi samanlainen kuin eCitarossa (pistoke sopii), ei latausstandardi ole yhtenäinen. eVitossa lataus tapahtuu vaihtovirralla ja ajoneuvon sisäänrakennettu latauslaite muuntaa virran tasavirraksi ja jännitteen järjestelmään sopivaksi [8, s. 30–31.]



Kuva 18. eVito latauspistoke IEC Type 2 standard [8, s. 31].

3.2.3 Ajomoottori

eVito on varustettu yhdellä ajomoottorilla (kuva 19). Moottorin perään on kytketty vaihteisto ja tasauspyörästö, joka jakaa voiman molemmille etupyörille. Samaan pakettiin kuuluu myös invertteri, ajomoottori on vaihtovirtamoottori. Valmistaja moottoripaketille on ZF. Moottorin teho on 70 kW (jatkuva teho, huipputeho 85 kW). Vääntömomentti on 194 Nm (jatkuva, huippuvääntö 300 Nm). Vaihteiston välityssuhde on 13,205:1, ajonopeus on vakiona 80 km/h. Ajomoottorin tyyppi on myös induktimoottori kuten eCitarossa [8, s. 16–17.]



Kuva 19. ZF:n valmistama ajomoottori/-vaihteistopaketti [8, s. 16].

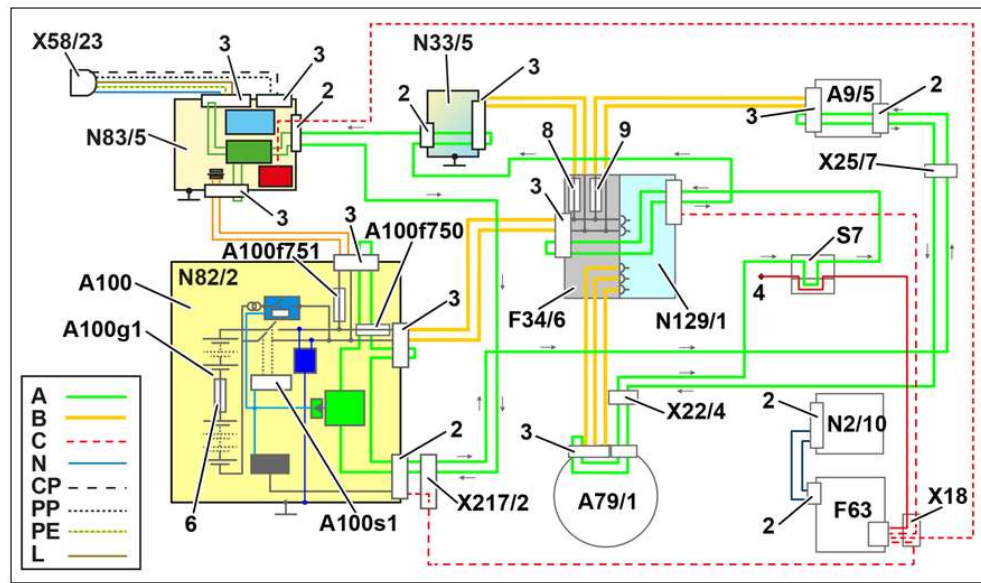
3.2.4 Lisälaitteet

Ainoat korkeajännitteeseen kytketyt lisälaitteet ovat ilmastoinnin kompressori, PTC-lämmittimet (2 kpl) sekä DC/DC-muunnin. Muut tarvittavat lisälaitteet on kytketty 12 V:n järjestelmään.

3.2.5 Jännitteettömäksi kytkeminen

eVitoon ei tällä hetkellä löydy omia ohjeita, kuinka ajoneuvo tehdään korjausta varten jännitteettömäksi. Haastattelin meidän pakettiautoista vastaavaa tuotepäällikköä Olli-Pekka Mehtälää asiaan liittyen. Kertoman mukaan jännitteettömäksi kytkeminen on samanlainen prosessi kuin henkilöautossa. Selitän jännitteettömäksi tekemisen henkilöauton (W205, MB C-sarja) ohjeiden avulla.

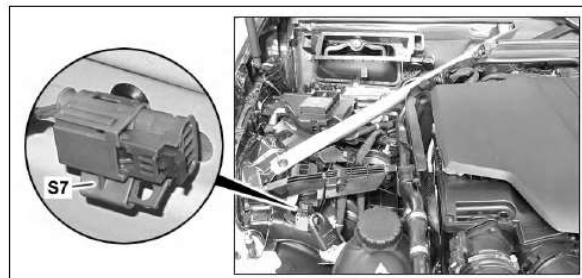
Kevyessä kalustossa on yleisesti käytössä nk. interlock-piiri. Tämä piiri on 12 V:n syöttöjännitteellä ja yhtenäinen, sarjaan kytketty piiri, joka kiertää kaikissa komponenteissa, jossa on korkeajännitettä. Mikäli tämän piirin katkaisee esimerkiksi avaamalla liittimen, jossa korkeajännitettä, avautuvat akun kontaktorit välittömästi. Tällöin ei ole mahdollista päästä käsiksi korkeajännitepotentiaaliin tahattomasti. Interlock-piiri on havainneku- vassa 20 näkyvä vihreä johdin.



P54.18-5330-75

Kuva 20. Interlock-piiri C-sarja [9].

Jännitteettömäksi kytkemisen ensimmäinen askel on kytkeä virrat pois autosta, irrottaa mahdollinen latauslaite ja etsiä konehuoneesta interlock-piirin katkaiseva liitin. Liitin avataan ja lukitaan (kuva 21).



P54.10-4133-10

Kuva 21. Interlock-piirin liitin, joka avataan ja lukitaan [9].

Interlock-piirin avaamisen jälkeen otetaan akun napa irti. Seuraavaksi otetaan jännitteenkoetin, mitataan sillä akun jännite. Näin varmistetaan, että jännitteenkoetin on ehjä ennen korkeajännitemittausta. Mittaa myös, että konehuoneesta löytyvästä latausnavasta ei löydy jännitettä. Tarkasta korkeajännitejohtojen kunto silmämääräisesti, ovatko ne ehjiä. Pue päälle suojavaarusteet ja irrota korkeajänniteakusta liitin. Suojavaarusteiden on oltava puettuna koska liittimet jännitteettömyyttä ei ole vielä pystytty toteamaan. Mahdollisuus valokaareen on olemassa, mikäli korkeajännitekontaktorit ovat hitsanneet kiinni. Kytke mittausadapteri kiinni akkupakettiin ja tarkasta jännitteenkoettimella jännitteettömyys. Tarkasta jännitteettömyys myös autolle menevän johdon puolelta. Kyseiset mittaukset suoritettava myös latauslaitteen pistokkeen päästä. Seuraavaksi kytke 12 V:n akku takaisin, mittaa vielä HV -johtosarja auton puolelta. Jännitteen pitää olla kaikissa mittauksissa alle 60 VDC. Nyt auto on varmistettu jännitteettömäksi. [9]

3.2.6 Jännitteen takaisinkytkeminen

Ennen jännitteen takaisinkytkentää on suoritettava eristysvastusmittaus. Mittauksen tulokset on täytettävä arkistoitavaan pöytäkirjaan. Ensin eristysvastus mitataan adapterikaapelilta, joka tulee akun liitäntään kiinni. Vastusarvon tulee olla $> 1 \text{ M}\Omega$. Mikäli arvo on tätä pienempi, tulee korkeajänniteakku vaihtaa uuteen. Seuraavaksi eristysvastusmittaus suoritetaan latauspistokkeesta, samat vastusarvot kuin edellisessä mittauksessa. Mikäli vastusarvot eivät täsmää ohjearvoihin, on purettava komponentteja irti ja mitattava vastus useammasta pisteestä, jotta saadaan selville komponentti, jossa oikosulku maadoitukseen. Sama mittaus suoritetaan ilmastoinnin kompressorista, PTC-lämmittimestä ja ajomoottorin kolmevaiheiliitännästä. Viimeinen vaihe eristysvastusmittauksessa, on kytkeä kiinni kaikki irrotetut liittimet ja mitata vastusarvo uudestaan akulta lähtevästä kaapelista. Arvon pitää olla edelleen $> 1 \text{ M}\Omega$.

Seuraava vaihe on kytkeä diagnostiikkalaite kiinni autoon. Korkeajännitejärjestelmän kytkeminen tehdään testerin kanssa avustettuna. Valitse oikea valikko, josta päästään aktivoimaan korkeajännitejärjestelmä. Seuraa ohjelman antamia ohjeita. [9]

3.3 Ajoneuvojen järjestelmien eroavaisuudet korjaamon näkökulmasta

Ajoneuvot ovat teoriassa samankaltaisia ja isossa kuvassa tarkasteltuna, komponenttien toiminta hyvin samanlaista. Suuret eroavaisuudet tulevat komponenttien fyysisestä

koosta sekä sähkötehoista. Vaikka molempien ajoneuvojen emoyhtiö on Daimler ja autot jakavat saman Mercedes-Benz-brändin, ei autoissa ole kuitenkaan mitään yhteistä. eCitaro on raskas hyötyajoneuvo, ja eVito on kevytrakenteinen hyötyajoneuvo. Valmistajan ohjeiden mukaan ajoneuvoilla ei ole yhteisiä työkaluja eikä yhteistä korjaamokirjallisuutta. Mikäli mekaanikko on saanut koulutuksen tehdä eVito jännitteettömäksi, ei kyseistä koulutusta voi hyödyntää ollenkaan eCitaron kanssa. Molemmille ajoneuvoille on koulutettava omat asiantuntijansa.

Ajoneuvot käyttävät yhteistä Xentry-diagnostiikkajärjestelmää mutta eri lisensseillä. Latausstandardi ja virrantarve on eri, ajoneuvot vaativat omat latauslaitteensa. eVitoon ei tehdä korjauksia yhtä laajasti kuin eCitaroon. Esimerkiksi akkupakettien korjaukset eivät ole mahdollisia eVitossa. Ajoneuvojen korkeajännitejärjestelmässä suuri ero on interlock-piirissä. eCitarossa ei ole interlock-piiriä ollenkaan. Riski interlock-piirissä on, että pitkät johtimet voivat suuressa autossa hankautua poikki, tämä lamauttaisi koko auton. eCitarossa voidaan yhden ajomoottorin vikaantuessa ajaa toisella ajomoottorilla hätäkäytöllä. Ajoneuvo on matkustajineen voitava siirtää turvalliseen paikkaan, jossa matkustajat pääsevät turvallisesti pois kyydistä.

Korkean jännitteen ansiosta eCitarossa vs. eVitoon, samaa eristysvastusmittaria ja potentiaalintasausmittaria ei voida käyttää. eCitarossa potentiaalin tasauksen mittaus tehdään maksimissaan 1000 V:n ja 25:n A virralla, kun eVitossa riittää maksimissaan 1000 V ja 0,2 A. Yhteenvetona voidaan todeta, että yhteiset käytettävät työkalut ovat diagnostiikkalaite ja henkilökohtaiset jännitteensuojavaatteet. Nämä varusteet ovat henkilökohtaisia, jokaisella näitä töitä tekevällä mekaanikolla on oltava omansa. [5, s. 169; 9.]

4 Lainsäädäntö ja asetukset

4.1 Saksan sähköturvallisuusohjeet

EvoBusin koulutusmateriaali [4; 5] on tehty Saksan lainsäädännön ja ohjeistuksen mukaisesti. Saksan työohjeet noudattavat järjestyksessä eri sääntöjä. Ohjeistus pohjautuu Saksan lainsäädäntöön ja Saksan vahinkovakuutusyhtiön sääntelyyn. **DGUV Vorschrift 3 Unfallverhütungsvorschriften Elektrische Anlagen und Betriebsmittel** (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, tapaturman ehkäisymääräyksiä, sähkölaitteistot ja voimavarat). Tämä ohjeistus astuu voimaan, kun jännitteet ylittävät 60 VDC ja 30 VAC.

Toinen sääntely on **BGI/GUV-I 8686 DGUV Information 200-005 Elektrische Arbeiten an Hochvoltssystemen im Fahrzeug**. Sääntely on voimassa, kun kyseessä on ajoneuvoon asennettu korkeajännitejärjestelmä. [4, s. 16.]

Seuraavat normit ja ohjeistukset täydentävät sääntelyä ja lainsäädäntöä:

ECE R 100 – (Economic Commission Europe – Regelung) -ohjeistus määrittää sähköajoneuvon ja korkeajänniteakuston turvallisuusohjeistuksen.

DIN VDE 0100 -ohjeistus pätee sähköisiin laitteistoihin, joiden nimellisjännite on korkeintaan 1000 V. Tämä standardi ei päde rekisteröitäviin ajoneuvoihin kuin latauslaitteiston osalta. [4. s. 17.]

4.2 Kansallinen sähköturvallisuuslaki

Suomessa työskentelyä ohjaa Sähköturvallisuuslaki [10] ja työturvallisuuslaki [11] sekä laissa nimetyt ohjeistukset (liite 2). Koulutusmateriaali on päivitettävä vastaamaan kansallisia lakeja ja ohjeistuksia. Lainsäädäntö ja ohjeistus on tehty vastaamaan sähköalan tarpeita, moni työohje on kankea ajoneuvoa ja korjaamokäyttöä ajatellen. Ohjeistukseen on sähköajoneuvojen yleistyessä lisätty liitteitä, jotta työskentely on järkevää myös ajoneuvoja kohtaan. Korjaamohenkilökunnan koulutus itsenäiseen työskentelyyn sähkölaitteiden parissa ei vaadi yhtä laajaa koulutusta kuten esimerkiksi kiinteistötekniikan sähköasentajalla tulee olla.

54 §

Perusvaatimus sähkötyölle ja käyttötyölle: Sähkötöitä tai käyttötöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu.

55 §

Sähkötöiden tekemisen edellytykset: Toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan on nimetty henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (sähkötöiden johtaja);
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito.
- 3) toiminnanharjoittajan käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset;
- 4) toiminnasta on tehty ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan.

56 §

Sähkötöiden tekemisen edellytyksiä koskevat poikkeukset: Edellä 55 §:ssä säädetystä vaatimuksista voidaan poiketa:

- 1) tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä, jos henkilö on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähköön vaaroihin; [10.]

Edellä mainitut pykälät 54, 55 ja 56 sähköturvallisuuslaista esittävät vaatimukset sähkötyölle ja käyttötyölle. Henkilön, joka tekee sähkötöitä tai käyttötöitä, tulee olla tehtävään perehdytetty. Pykälässä 55 mainitaan, että pitää olla nimetty sähkötöiden johtaja, itsenäisesti töitä suorittavalla henkilöllä riittävä kelpoisuus tai ammattitaito sekä työstä ja töiden aloittamisesta tehtävät ilmoitukset. Näihin kuitenkin ajoneuvojen osalta 56 § antaa poikkeuksen, jossa mainitaan, että henkilön tulee olla riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen automallin järjestelmään ja sähköön vaaroihin. Pykälällä 56 vapautetaan myös ilmoitusvelvollisuus sähkötöiden osalta. [10]

82 §

Sähköturvallisuuden vaatimukset: Sähkötöissä, käyttötyöissä ja sähkölaitteiston lähellä tehtävässä työssä, jossa voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara, noudatetaan työturvallisuuslakia. Lisäksi työssä on noudatettava tämän lain olennaisia turvallisuusvaatimuksia, jotka koskevat työkohteen turvallisuudesta huolehtivan henkilön nimeämistä, ohjeita ja opastusta, työssä käytettäviä välineitä, työmenettelyjä, varoitusmerkintöjen käyttöä sekä työntekijöiden ja sivullisten vaarallisuudelle alueelle joutumisen estämistä. [10.]

Pykälässä 82 mainitaan työskentely sähkölaitteiston lähellä, silloin noudatetaan työturvallisuuslakia. Huomioitavaa tässä on, että mikäli henkilö tekee huolto- ja korjaustöitä sähköajoneuvoon, on hänellä oltava riittävä perehdytys sähkön vaaroista sekä tieto siitä, mihin ei saa koskea. Riittävä perehdytys määritetään pykälän 84 mainitun standardilistauksen mukaan:

83 §

Turvallisuusvaatimusten täyttäminen: Työn katsotaan täyttävän 82 §:ssä tarkoitettujen olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos se tehdään soveltaen 84 §:ssä tarkoitettuja standardeja tai julkaisuja.

84 §

Sovellettavat standardit ja julkaisut: Sähköturvallisuusviranomainen julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan sähköturvallisuuden täyttävän tämän lain olennaiset turvallisuusvaatimukset.

85 §

Standardeista poikkeaminen: Standardeista voidaan tarvittaessa poiketa, jos vastaava turvallisuustaso voidaan muutoin saavuttaa.

Poikkeamisesta on laadittava kirjallinen selvitys ennen sähkötöiden tai käyttötyöiden aloittamista. Selvityksen tulee olla siten laadittu, että sen perusteella voidaan todeta vaatimusten täyttyminen. Poikkeamisen käyttöönottoon on oltava sähkötyöiden johtajan tai käytön johtajan kirjallinen vahvistus.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin standardista poikkeamismenettelyn yksityiskohdista. [10]

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä 2016/1435 täydentää sähkötyöturvallisuuslakia standardeista poikkeamisen osalta seuraavasti:

8 §

Standardeista poikkeaminen: Poikettaessa standardeista sähköturvallisuuslain 85 §:n nojalla, on laadittavassa selvityksessä esitettävä:

- 1) turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitut ratkaisut;
- 2) kuvaus siitä, miten ratkaisut täyttävät turvallisuusvaatimukset;
- 3) selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus [12].

SÄHKÖTYÖN TURVALLISEN SUORITTAMISEN OLENNAISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET

1 §. Työskentelyn yleiset vaatimukset: Työt on suoritettava huolellisesti ja ammatitaitoisesti vaarantamatta kenenkään henkeä tai terveyttä. Työssä on noudatettava vakiintuneita, turvallisiksi todettuja työmenetelmiä. Jos työ kuitenkin suoritetaan poikkeuksellisella tai uudella menetelmällä, menetelmään liittyvät mahdolliset vaaratekijät on arvioitava erityisen huolellisesti ja otettava huomioon. Työssä on otettava huomioon Suomessa noudatettavat menettelytavat, vallitsevat työolosuhteet sekä sähkölaitteistojen rakenteelliset ominaisuudet. [12]

4.3 Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002

Pykälässä 84 mainitaan sähköturvallisuusviranomaisen lista, jossa määritetään mitä standardia tulee noudattaa lainsäädännön tueksi. Vuonna 2019 päivitetty listaus löytyy liitteestä 2 (Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit). Listaus päivitetään vuosittain. Ajoneuvojen parissa työskenneltäessä pätee sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002. SFS 6002 -standardi käsittää kansalliset vaatimukset. [13, s. 5.]

Standardi SFS 6002 antaa vaatimuksia sähkölaitteistojen käyttöön sekä työskentelyyn sähkölaitteistoissa tai niiden lähellä. Standardia sovelletaan kaikilla jännitealueilla niin uusiin kuin olemassa oleviin laitteistoihin. Tämän standardin perusteella ei voi esittää vaatimuksia sähkölaitteiston rakenteelle, vaan sähkölaitteiston käyttö ja laitteistossa tai sen lähellä tapahtuvan työskentelyn menettelyt valitaan siten, että standardissa esitetyt turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Standardissa ei esitetä yleistä työturvallisuutta koskevia vaatimuksia eikä määritellä töiden tekemisen yleistä organisointia. [13, s. 5.]

SFS 6002 -standardissa määritetään sähkölaitteiston henkilöstö seuraavasti:

Sähköalan ammattihenkilö: Henkilö, jolla on soveltuva koulutus ja kokemus, joiden perusteella hän kykenee arvioimaan riskit ja välttämään sähköön mahdollisesti aiheuttamat vaarat

Opastettu henkilö: henkilö, jonka sähköalan ammattihenkilöt ovat opastaneet siten, että hän kykenee välttämään sähköön aiheuttamat vaarat

Maallikko: henkilö, joka ei ole ammattihenkilö eikä opastettu henkilö [13, s. 10].

Henkilöstön osalta pätee seuraavat standardissa mainitut asiat:

Kaikkien henkilöiden, jotka osallistuvat työhön sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä, on oltava opastettuja työtä koskeviin säädöksiin, vaatimuksiin ja yrityksen ohjeisiin. Nämä ohjeet on kerrattava työn kuluessa, jos työsuoritus on pitkäaikainen tai muuten vaativa. Henkilöiltä pitää vaatia näiden säädösten, vaatimusten ja ohjeiden noudattamista. [13, s. 14.]

Henkilöstöllä, jotka työskentelevät sähkö- tai hybridiajoneuvojen parissa, on oltava standardin SFS 6002 -mukainen turvallisuuskoulutus. Tämä sääntö pätee, vaikka ei työskentele korkeajännitekomponenttien parissa. Vaatimukset standardin mukaiselle koulutukselle esitetään SFS 6002 -standardissa Liite X 9 ja 10 [liite 5]. Koulutus on uusittava 5 vuoden välein ja määritelty koulutuksen pituus on ”yhden työpäivän mittainen. Muu henkilöstö, joka ei tee töitä sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa, tulee olla perehdytetty tunnistamaan mahdollinen korkeajännitteinen ajoneuvo korjaamolla sekä sähköön vaaroihin. [13, s. 53].

Sähkötyöturvallisuusstandardissa on mainittu myös ensiapukoulutuksen tarve [13, s. 53]. Yleistä työpaikan ensiapuvalmiutta ohjaa työturvallisuuslain 46 pykälä sekä SFS 6002 -standardin liite X 10:

46 § Ensiapu

Työnantajan on huolehdittava työntekijöiden ja muiden työpaikalla olevien henkilöiden ensiavun järjestämisestä työntekijöiden lukumäärän, työn luonteen ja työolosuhteiden edellyttämällä tavalla. Työn ja työolosuhteiden mukaisesti työntekijöille on annettava ohjeet toimenpiteistä, joihin tapaturman tai sairastumisen satuessa on ensiavun saamiseksi ryhdyttävä. Työpaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä, huomioon ottaen työpaikan laajuus ja sijainti, työntekijöiden lukumäärä sekä työn luonne ja muut työolosuhteet, on sopivissa ja selvästi merkityissä kohdissa oltava saatavilla riittävä määrä asianmukaisia ensiapuvälineitä. Työpaikalla tulee olla ensiavun antamiseen soveltuva tila, milloin työntekijöiden lukumäärä, työn luonne tai muut työolosuhteet niin vaativat. [11]

X.10 Ensiapukoulutus

Ensiapuvalmiutta koskeva yleissäädos on työturvallisuuslain 46 §:ssä. Sähköalan töissä on erityisesti huolehdittava ensiapuvalmiudesta sähköä aiheuttamien tapaturmien varalta. Sähkötöitä tehdään usein vaihtuvissa työpaikoissa yksin tai pienessä työryhmässä. Tämän takia kaikille ammattitaitoa vaativiin sähkötöihin osallistuville sähköalan ammattihenkilöille työnjohdon ja käytönjohdon henkilöt mukaan luettuna sekä näissä töissä avustamaan opastetuille henkilöille pitää antaa ensiapukoulutus, joka käsittää ainakin palovammoihin sekä ruhje- ja viiltohaavoihin annettavan ensiavun sekä puhallus- ja painantaelvytyksen opettamisen ja niiden käytännön harjoittamisen. Ensiapuvalmiuksia on tarpeen pitää yllä jatkuvasti. Tämän takia elvytystoimenpiteitä on syytä harjoitella enintään kolmen vuoden väliajoin. Ensiapuohjeita antavia tauluja on sijoitettava sähkölaitekorjaamoihin ja sähkölaboratorioihin (ks. SFS 6000-8-803) ja näitä tauluja suositellaan lisäksi sijoitettavaksi kojeistotiloihin ja sähköalan henkilökunnan oleskelutiloihin. [13, s. 53]

4.4 ECE R 100 -sääntö

ECE R 100 -sääntöön viitataan koulutusmateriaalissa [4; 5] sekä työohjeissa useaan otteeseen. Kyseessä on Economic Commission Europeen laatima sääntö, joka pätee akustolla varustetun sähköajoneuvojen turvallisuuteen. Säännöt on tarkoitettu ajoneuvon valmistuksen ohjeistukseksi, jotta ajoneuvon on turvallinen käyttää. [14]

ECE R 100 -sääntö on jaettu kahteen eri osioon:

Osio I käsittelee turvallisuusmääräyksiä kohdistuen sähköiseen voimansiirtoon ajoneuvoissa, joiden ajoneuvoluokka on M1 ja N1 (henkilöauto ja pakettiauto, paino maksimissaan 3500 kg). Ajoneuvon rakenteellinen nopeus tulee olla yli 25 km/h ja varustettu vähintään yhdellä korkeajännitteisellä sähkömoottorilla. Säännöt eivät käsittele passiivisia turvavarusteita tai onnettomuuden jälkeistä toimintaa [14, s. 5.]

Osio II käsittelee turvallisuusmääräyksiä ajoneuvon akustoon liittyen (REESS Rechargeable Energy Storage). Säännöt pätevät, kuten edellä mainittu, ajoneuvoluokkaan M1 ja N1 [14, s. 6].

Säännöissä käydään läpi mm. korkeajännitekomponenttien vaaditut suojausluokat sisä- ja ulkotilojen osalta, korkeajännitekomponenttien merkinnät, komponenttien tärinän siertorajat, lämpötilan sieto, akuston palamisherkyys, eristysvastuksien vaadittu vastusarvo sekä eristysvastuksen valvonta [14].

ECE R 100 -säännössä on mainittu myös vetykäyttöisten ajoneuvojen turvaohjeistusta.

4.5 Työn suorituksesta vastaava henkilö

SFS 6002 -standardissa käytetään termiä ”sähkötöiden johtaja”. Sähkö- ja hybridiajoneuvokorjaamolla ei tarvitse olla nimettyä sähkötöiden johtajaa, mutta ajoneuvolle pitää olla työmääräyksessä nimetty henkilö, jota nimetään työn suorituksesta vastaavana henkilönä. Nimetty henkilö vastaa siitä, että korkeajännitejärjestelmän osalta työ tehdään ohjeistuksen mukaan. Työn suorituksesta vastaava henkilö tulee omata riittävä osaaminen sähkön vaaroihin sekä ajoneuvomallin sähköjärjestelmään. Mekaanikko, joka on koulutettu ja tekee töitä itse kyseisen ajoneuvon korkeajännitejärjestelmän parissa, voi olla myös työn suorituksesta vastaava henkilö. SFS 6002 -standardin liitteessä U sekä Valtioneuvoston asetuksessa sähkötyöstä ja käyttötyöstä mainitaan:

Sähtöturvallisuuslain mukaan tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä ei vaadita sähkötöiden johtajaa, jos työn suorittaja on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin. Työn tekijän on tällöin huolehdittava työnaikaisesta sähtöturvallisuudesta, ks. asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016). [13, s. 46]

2 §. Työnaikaisen sähtöturvallisuuden valvoja

Sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että jokaiseen sähkötyön tekokohteeseen nimetään lain 73 §:n mukainen sähköalan ammattihenkilö työnaikaisen sähtöturvallisuuden valvojaksi, Työnaikaisen sähtöturvallisuuden valvoja voi osallistua sähkötyön tekemiseen tai tehdä sen kokonaan itse.

Jos sähkötyön tekemiseen ei tarvita sähkötöiden johtajaa, työn tekijän pitää valvoa työnaikaista sähtöturvallisuutta. [12]

5 Korjaamon kartoitus

5.1 Haastattelut

Korjaamo, joka valmisteltiin eCitaroa varten on Vehon suurin linja-autokorjaamo Vantaan Ylästön toimipiste. Kartoitusta varten olen haastatellut sekä tehnyt paljon yhteistyötä Marko Nuutisen kanssa. Korjaamon aikaisemmat kokemukset sähkö- ja hybridautoista ovat vähäiset. Marko Nuutisen kanssa on tarkastettu työkalut mitä entuudestaan löytyy sekä mekaanikkojen aikaisemmat koulutukset liittyen korkeajännitejärjestelmiin. Marko Nuutisen kanssa yhteistyö on kestänyt asian tiimoilta jo syksystä 2018 lähtien [15].

Kartoituksen toinen osuus tehtiin Daimlerin eMobility Consultingin edustajan Marco Matutisin kanssa. Hän vieraili Ylästön pisteellä 15.2.2019. Tilaisuudessa keskustelimme korjaamon tilankäytöstä sekä siitä, minkälaisilla muutoksilla nykyiset tilat saadaan muokattua eCitaron korjaamovaatimuksiin. Keskusteluissa oli aiheena myös mekaanikkojen koulutus, asiakkaiden koulutus sekä yleisen korjaamohenkilökunnan perehdytys. Kävimme läpi myös eCitaron hyväksytyn korjaamon auditointilistauksen työkalujen myös ja yleisten vaatimusten osalta [liite 1]. Kokoukseen osallistui myös Marko Nuutinen. [3]

5.2 Aikaisemmat kokemukset

Fuso Canter Eco HYBRIDIä on myyty Suomen markkinoilla joitain kappaleita. Fuso Hybridissa on korkeajänniteakku, jonka jännite on 270 V. Akun kapasiteetti on pieni, ainoastaan 2 kWh. Hybridivoimansiirron on tarkoitus olla vain avustava liikkeelle lähdössä, sähköllä voidaan ajaa joitain metrejä [18, s. 4].

Kuitenkin työturvallisuuden ja sähköturvallisuuslain silmissä, ajoneuvon huoltaminen ja korjaaminen on yhtä lailla pätevyyden vaativaa kuin eCitaron korjaus. Tähän asti korjaamolle on hankittu valmistajan ohjeen mukaan Fuson ohjeistuksen mukaisia erikoistyökaluja. Fuson ohje hyväksyy mittauslaitteeksi jännitteenkoettimen (kuten eCitarossa käytettävä Duspolti-jännitteenkoetin) sekä vaaditun luokituksen täyttävän yleismittarin (min 500V). Yleismittaria ei saa eCitarossa valmistajan ohjeen mukaan käyttää. Yleismittarissa on riskinä, että käyttövirheen takia mittarin voi oikosulkea suurella virralla. Yleismittarissa on mahdollista mitata jännitettä sekä virtaa. Mikäli johtimet jäävät virran mittaus-

asentoon, on yleismittarin sisäinen vastus erittäin pieni. Mikäli väärässä asennossa mittaa akun jännitettä, yleismittari oikosulkee akun navat ja yleismittarin läpi virtaa suuri määrä virtaa. Riskinä on sähköiskun vaara.

Korjaamolla on myös aikaisempaa kokemusta ensimmäisen korimallin eVitosta. Nämä olivat testikäytössä lyhyen aikaa, myös henkilökunta on vaihtunut tämän tapauksen jälkeen. Tästä jäljellä on latausasema korjaamon seinässä, jota ei raskaan kaluston sähköajoneuvossa voi hyödyntää [15].

5.3 Mekaanikkojen koulutus

Mekaanikot, jotka ovat työskennelleet Canter Eco HYBRIDin parissa ovat saaneet SFS 6002 -mukaisen koulutuksen ja mallikohtaisen tuotekoulutuksen. SFS 6002 -koulutus on kerrallaan voimassa viisi vuotta. Nyt edellisestä koulutuksesta on kulunut useampi vuosi ja myös henkilöstössä on tapahtunut vaihtuvuutta. Koulutus on aloitettava alusta sähkötyöturvallisuuskurssi SFS 6002 mukaan luettuna. SFS 6002 – kurssi järjestetään toistaiseksi yhteistyökumppanin toimesta. Markkinoilla on tarjolla usean järjestäjän SFS 6002 -kursseja. Selvitin asiaa ja henkilö- ja pakettiautopuolella Vehossa kyseiset kurssit järjestetään myös yhteistyökumppanin toimesta. Kurssi on helposti toteutettavissa Vehon kuorma- ja linja-auto-osaston tarpeiden mukaan koska koulutusmäärä on suuri, kun mukaan laskee kaikki Vehon korjaamot [15].

6 Korjaamon valmistelu

6.1 Korjaamon luokitus

EvoBusin auditointiohjeen mukaan, korjaamo luokitellaan kolmeen eri luokkaan:

Luokka 1: Tässä luokassa ei vaadita korjaamovarustusta, luokitus on kohdistettu asiakkaiden omille varikoille ja ajoneuvon päivittäiseen ylläpitoon. Ainoat vaaditut varusteet ovat henkilökohtaiset suojaimet (jännitetyöskentelyvarusteet), latauslaite ja hätäkatkaisun lukko. Varikon henkilökunta sekä kuljettajat tulee olla EvoBusin ohjeistuksen mukaan perehdytetty ajoneuvon käyttöön. Kaikilla, jotka työskentelevät ajoneuvon parissa varikolla, tulee olla tietämys siitä, mikä ajoneuvo on kyseessä sekä miten ajoneuvon kanssa toimitaan.

Luokka 2, työskentely jännitteettömänä: Luokituksen mukaan kyseessä on perehdytetty korjaamo, jonka korjaamohenkilökunta on koulutettu. Vantaan korjaamo on varustettu nyt tähän luokkaan. Korjaamolta tulee löytyä kaikki työkalut ajoneuvon jännitteettömäksi kytkemiseen sekä jännitteettömyyden toteamiseen. Tämän luokituksen henkilökunta saa suorittaa korjauksia korkeajännitekomponentteihin, kunhan jännitteettömyys on saatu ensin todettua. Mikäli jännitteettömäksi toteamisessa havaitaan korkeita jännitteitä, on paikalle kutsuttava Luokka 3 -luokituksen omaava henkilö, joka saa kytkeä jännitteellisen ajoneuvon jännitteettömäksi.

Luokka 3, työskentely jännitteellisen korkeajännitepiirin parissa: Luokituksen minimityökaluvaatimukset ovat samoja kuin luokassa 2. Mikäli ajoneuvon jännitteettömyyttä ei saada todettua, on kyseessä työskentely jännitteellisen piirin parissa. Luokka 3 vaatii koulutustason, jolla voidaan suorittaa työskentely jännitteellisen piirin parissa. Tämä luokitus mahdollistaa myös akkupaketin korjaamisen. Akkupaketin korjaamiseen vaaditaan omat erikoistyökalut, joita ei vielä mainita auditointilistassa. [4, s. 11.]

6.2 Korjaamon varustaminen

Korjaamon varustelu joudutaan tekemään Ylästön pisteessä kahdessa eri vaiheessa. Suomeen tuli tehtaan esittelyauto vierailulle huhtikuussa 2019 (vk 15–17). Mikäli ajoneuvo olisi rikkoontunut täällä ollessaan, niin meillä oli oltava riittävät korjaamovalmiudet

korjata autoa. Tätä varten varustimme korjaamon auditoinnin vaativilla työkaluilla. Esittelyauton tapauksessa työkalulista oli sama kuin lopullinen listaus, mutta vain pakolliset työkalut hankittiin.

6.2.1 Korjaamon varustaminen esittelyauton väliaikaista vierailua varten

Korjaamon eCitaro -erikoistyökalut

EvoBus:in vaatimusten mukaan korjaamo pitää varustaa jo osittain esittelyauton saapumista varten. Esittelyauton korjaamovaatimukset ei juurikaan ole vaatimattomampi kuin lopullinen korjaamovalmiusvarustus. Auditointivaatimuksissa kaikilla mekaniikoilla tulee olla henkilökohtaisia suojavarusteita tietty määrä, nyt varasimme vain yhdelle mekaniikolle. Varustelua varten löytyy oma kalustolistaus [liite 1], jossa työkaluvaatimukset on jaettu eri luokituksiin (luokka 1,2 ja 3). Tässä vaiheessa hankittiin työkalut niihin työvaiheisiin, joihin Suomessa riittää pätevyys tehdä. Tästä mainitaan enemmän luvussa 7. Koulutus.

Korjaamolla pitää olla mahdollisuus työskennellä linja-auton katolla työturvallisuus huomioon ottaen. Käytännössä tämä tarkoittaa telinettä auton vierellä, jotta katolle pääsee turvallisesti työkalujen kanssa, ilman että on vaaraa pudota katolta. Tässä vaiheessa teline oli vuokrateline ja se asennettiin siten, että auton toiselta puolelta voi nousta katolle turvallisesti työskentelemään. [3.]

Korjaamon on varauduttava nostamaan tarvittaessa akkupaketti katolta pois. Yksi akkupaketti painaa 250 kg, sen turvallinen nostaminen suoriutuu nosturilla. Usein hyötyajoneuvokorjaamolla löytyy valmiiksi kattoon kiinnitetty nosturivarustus, tätä voidaan hyödyntää oikeanlaisella akkupaketille tarkoitettulla nostoadapterilla (kuva 22). Mikäli korjaamolla ei ole nosturivalmiutta, voidaan nostaminen hoitaa trukilla tai nostokurjella, kunhan akun nostaminen tapahtuu nostokoukulla ja akun omalla nostoadapterilla. Nosturin nostokyky tulee olla vähintään 500 kg. [5, s. 113.]



Kuva 22. Akun nostoadapteri [5, s. 113].

Kun korjaamolle ajetaan sisään auto, jossa esiintyy korkeaa jännitettä, on ajoneuvo merkittävä asianmukaisesti. Ajoneuvo on merkittävä lippusiimalla ympäriinsä, mikäli auton korkeajännitepuoleen tehdään korjauksia. Auditointivaatimusten mukaan merkkitolppia ja lippusiimaa tulee olla siten, että koko linja-auto saadaan ympäri merkattua. Tolppien ja lippusiiman on merkattava selkeästi, että auton luokse ei saa mennä, auton luona voi esiintyä vaarallisia korkeajännitteitä. Ylästön korjaamolta löytyy valmiiksi oransseja merkkautolppia (kuva 23), näitä hyödynnetään nyt ensimmäisessä vaiheessa.



Kuva 23. Merkkautolpat ajoneuvon ympärille [16].

Auto on merkittävä myös varoituskyltein, kun auto ei ole jännitteetön sekä toisella varoituskyltillä, kun auto on saatu jännitteettömäksi. Nämä kyltit voidaan itse tulostaa korjaamo-ohjelmistosta. [13, s. 33.]



Kuva 24. Varoituskyltti kun auto on tehty jännitteettömäksi mutta akkupaketti on vielä asennettuna ja jännitteellinen [5, s. 133].



Kuva 25. Varoituskyltti kun etuosan akkupaketti on kytketty irti autosta [5, s. 134].

Korjaamolla on oltava valmius tehdä ajoneuvo tarvittaessa jännitteettömäksi. Jännitteettömäksi tekeminen ja jännitteiden takaisin kytkeminen vaativat erikoistyökaluja. Jännitteettömäksi kytkeminen vaatii lukon, jolla kuljettajan paikan hätävapautuskaisija lukitaan ”aktivoitu”-asentoon. Lukolla on erityisvaatimukset. Kehän paksuuden on oltava oikea, liian ohut kehä voi mahdollistaa hätävapautuksen tahattoman avautumisen ja liian paksu ei mahdu asentumaan paikalleen (kuva 26). Lukon tarkat tiedot ovat Abus 84/40. [5, s. 123.]



Kuva 26. Lukko Abus 84/40 asennettuna hätävapautuskaisijaan [5, s. 123].

Ajoneuvo on todettava jännitteettömäksi ennen kuin akut voidaan kytkeä irti ajoneuvosta. Jännitteettömyyttä ei saa turvallisuussyistä todeta tavallisella yleismittarilla. Jännitteettömyys on todettava mittalaitteella, jossa ei ole mahdollisuutta kytkeä mittajohtoja väärin. Laadukkaalla yleismittarilla mittaus onnistuu ja mittausskaala riittää 1000 VDC, mutta yleismittarissa on mahdollisuus suorittaa eri johtokytkennällä virran voimakkuusmittauksia. Mikäli yleismittari jää tahattomasti väärään mittausasentoon, kun jännitteettömyysmittaus tehdään, oikosulkee yleismittari HV+ ja HV- -potentiaalit ja yleismittari muuttuu hengenvaaralliseksi sulakkeeksi. Laadukas yleismittari on varustettu sulakkeella, mutta oikosulkuvirran ollessa suuri, voi valokaari jäädä palamaan, vaikka sulake palaa poikki. Tästä syystä moni ajoneuvon valmistaja kieltää yleismittarin käytön jännitteettömyyden toteamiseksi. EvoBusin ohjeen mukaan jännitteettömyyden toteamiseen on käytettävä jännitteenkoetinta. EvoBus tarjoaa vaihtoehdoksi Duspil 1000 digital -jännitteenkoetinta (kuva 27), mutta myös vastaava laadukas koetin käy myös. Jännitteenkoetin on henkilökohtainen työkalu mutta esittelyauton ollessa kyseessä, työkalu hankitaan yhteiseksi eCitaron kanssa työskenteleville, nimetyille henkilöille.

Kun ajoneuvo on kytketty jännitteettömäksi, tarvitsee HV+ ja HV- -potentiaalit sillata rungon kanssa samaan potentiaaliin. Tällä varmistetaan mahdollinen kondensaattorien latauksen purkamisen. Siltaukseen vaadittavat adapterit tilataan EvoBusilta varaosanumerolla W 628 589 04 63 00. Irrotetut korkeaajännitekaapelit on suojattava kumisilla suojarahatuilla. Suojahattuja tarvitaan kahta eri sarjaa: W 628 589 02 98 00 (x 2) (kuva 28) on tarkoitettu ajoneuvon johtosarjan ja liitäntärasian (junction box) väliin sekä W 628 589 01 98 00 (x akkupakettien lukumäärä, oletus 10 kpl). (kuva 29) on tarkoitettu akkumoduulin ja johtosarjan väliin. Nämä myös tilattava EvoBusilta. [5, s. 130–131; 16.]



Kuva 27. DUSPOL 1000 DIGITAL -jännitteenkoetin [17].



Kuva 28. Liittimien suojaaminen irrotuksen jälkeen [5, s. 130].



Kuva 29. Liittimien suojaaminen irrotuksen jälkeen (akkumoduuli) [5, s. 189].

Kun ajoneuvoon kytketään takaisin korkeajännite, on ennen kytkemistä suoritettava mitaus potentiaalin tasausjohtimille sekä HV+ ja HV- -potentiaalien eristysvastusmittaus

ajoneuvon runkoa vasten. Kun kyseessä on linja-auto, asettaa auton fyysinen koko mittalaitteelle erityisen vaatimuksen. Johtojen pituus on oltava riittävä, jotta mittaus voidaan suorittaa referenssipisteestä (oikean takarenkään takana rungossa) jopa edessä oikealla olevaan latauspistokkeeseen. Mittarin johtojen on oltava 12 m pitkiä. EvoBus on myös määritellyt, että potentiaalin taseaus mittaus on tehtävä 1000 VDC ja 25 A virralla (taulukko 1). Tavallisesti sähköautoissa riittää 1000 V ja 0,2 A (taulukko 2). Tällä varmistetaan, mikäli johdossa on hapettumaa tai huonoa kosketusta, virran voimakkuus riittää tarvittaessa polttamaan johdon poikki. Tämä auttaa huonon kosketuksen löytämisessä, mittatarkkuus on sadasosaohmia verrattuna ECE R 100 -säännön mukainen [14], jossa riittää enintään kymmenesosaohmia [5, s. 169].

Taulukko 1. Ajoneuvon valmistajan vaatimus potentiaalintasauksen mittaukseen [5, s. 169].

Elektrische Anlagen (Wiederholungsprüfung) gem. ECE R 100/ Herstellerangabe		
Nennspannung der Anlage	Messstrom	Potenzialübergangswiderstand
750 VDC	25 A	0,05 Ω

Taulukko 2. ECE R 100 -säännön mukainen jännite ja virranvoimakkuus potentiaalintasauksen mittaukseen (keltainen) [5, s. 169].

Elektrische Anlagen (Erstprüfung) gem. ECE R 100		
Nennspannung der Anlage	Messstrom	Potenzialübergangswiderstand
750 VDC	200 mA	$\leq 0,1 \Omega$

EvoBus on mittalaittevalmistajan Gossen Metrawatt kanssa jatkokehittänyt mittalaitteen Gossen Metrawatt M506a, jossa on linja-autoon sopivat mittajohdot sekä riittävä jännite ja virran voimakkuus. Tällä mittarilla suoritetaan potentiaalin taseausmittaus sekä eristysvastusmittaus (kuva 16, luku 3.1.7 Gossen Metrawatt 506a) [5, s. 144].

Korjaamolle hankitaan myös defibrillaattori ensiapuvalmiuden kohottamiseksi. Tämä löytyy EvoBusin työkalulistauksesta, defibrillaattoriksi riittää paikallisesti suomesta hankittu laite, merkillä ei ole väliä. Tätä varten on oltava oma koulutus, joka hoituu laitetoimittajan toimesta.

Korjaamolta täytyy löytyä sammutin, joka on tarkoitettu erityisesti Litium-ioni -paloihin. Tämänlaisen sammuttimen saatavuutta selvitettiin paikallisten toimittajien toimesta,

mutta Suomesta ei kyseistä sammutinta ole saatavilla. Sammutin on tyypiltään geeli-sammutin, se tilattiin jälleenmyyjältä Saksasta, GELKOH GmbH [5, s. 176].

Henkilökohtaiset suojavarusteet

Jokaisella mekaanikolla, jolla on oikeus työskennellä eCitaron korkeajännitekomponenttien parissa, tulee olla omat jännitetyöskentelyyn tarkoitetut suojavarusteet. Korjaamolla tulee olla oma kaappi, jossa henkilökohtaiset jännitetyöhön tarkoitetut suojavälineet säilytetään. [4, s. 56; 16.] Työvälineet tilataan paikalliselta toimijalta. Kaapissa tulee olla seuraavat välineet:

- vaatetus, joka kestää valokaaren ja sen synnyttämät sulan metallin heitteet
- naamari
- jännitetyökäsineet, kumia sekä puuvillaiset sisähanskat
- turvakengät, HUOM! ei ESD -varustuksella olevat kengät
- eristävä kumimatto jännitetyöskentelyyn.



Kuva 30. Korjaamokaappi, jossa henkilökohtaiset suojavarusteet paikassa Dortmund, EvoBus -koulutuskeskus.

6.2.2 Korjaamon varustaminen jatkuvaan korjausvalmiuteen

Kun korjaamo valmistellaan toistaiseksi voimassa olevaan korjausvalmiuteen, on minimivaatimuksena edellisessä luvussa listatut työkalut samoja (luokka 2 ja 3). Korjaamo

voi olla joko luokka 2 tai 3. Kansallisesti on oltava vähintään yksi korjaamo, joka on auditoitu luokka 3 -korjaamo [4, s. 12]. Vaatimukset mekaanikkojen henkilökohtaisille suojavarusteille on suuremmat. Varusteet ovat samoja mutta kaikilla pitää olla omansa sekä näille pitää korjaamolta löytyä mekaanikkokohtaisesti, oma lukittava kaappi.

Jatkuvaan korjausvalmiuteen vaaditaan, että kattotyöskentelyn osalta ratkaisua, joka varmistaa turvallisen katolla työskentelyn auton ympäri, ilman putoamisvaaraa. Rakenne voi olla siirrettävä tai kiinteä. EvoBusin esimerkki telineestä varmistaa työskentelyn auton katolla ilman putoamisvaaraa. Kuitenkin teline on niin paljon tilaa vaativa, että kyseisellä hallipaikalla auton parissa ei voi työskennellä muuten kuin kattotyöskentelyn osalta (kuva 32). Vantaan korjaamon osalta tila ei riitä ajoneuvon ympärillä vastaavanlaisen telineen käyttöön. Kattorakenteisiin suunnitellaan yhdessä paikallisen toimijan kanssa, kiinteä kattotyöskentelyteline, joka mahdollistaa normaalin auton kanssa työskentelyn auton ollessa korjaamopaikalla (kuva 31). Kyseinen korjaamopaikka täytyy varustaa myös nosturilla, jotta akkupaketti saadaan nostettua katolta pois.

Vantaan korjaamolle löytyy kiinteälle kattorakenteelle sopiva paikka hallipaikasta 1 (kuva 31). Kattoon suunnitellaan paikallisen tekijän kanssa rakenne, joka mahdollistaa myös muiden ajoneuvojen kuin eCitaron korjaamisen. Paikan vieressä on sopiva tasanne, johon valmistellaan jännitetyöskentelyalue. Tämä alue on tarkoitettu rauhalliseksi ja rajatuksi työskentelyalueeksi, joka varustetaan akkupaketin korjausta varten (kuva 33). [3.]



Kuva 31. Vantaan korjaamon kiinteän kattorakenteen suunnittelua eMobility consultingin edustajan Marco Matutisin kanssa. Kuvassa vasemmalla Marko Nuutinen ja oikealla Marco Matutis [3].



Kuva 32. EvoBus'in malli kattotyöskentelytelineestä [5, s. 112].

6.3 Akkupaketin korjausvarusteet

Vähintään yksi korjaamo on kansallisesti varustettava luokkaan 3 (työskentely jännitteellisen järjestelmän parissa) ja varustettava akkupaketin korjausvarustuksella. Akkupaketin korjausta varten on korjaamolla varattava erillinen, rauhallinen ja aidattu tila (kuva 33), jossa akkupaketti voidaan turvallisesti purkaa ja työstää. Tila tulee varustaa kennomoduulin latausasemalla (kuva 35), kennomoduulien säilytykseen tarkoitettulla palonkestävällä säilytyslaatikolla (kuva 34). Akkupaketti on voitava ajoneuvosta irrotuksen jälkeen kiinnittää tukevasti kuljetusalustaan (kärry kuvassa 33). Samalla kuljetusalustalla akkupakettia voi säilyttää myös korjauksen ajan. Akkupaketin korjausvalmiudesta tai työkaluista ei ole vielä saatavilla omaa auditointilistaa, työkalujen tarve on määritetty koulutuskeskuksen tarvikkeiden mukaan [5, s. 177].



Kuva 33. Korjaamolla aidattu alue akkupaketin korjausta varten paikassa Dortmund, EvoBu -koulutuskeskus.



Kuva 34. Kennomoduulien säilytys tuuletetussa ja palonkestävässä säilytystelineessä paikassa Dortmund, EvoBus koulutuskeskus.



Kuva 35. Kennomoduulin latausasema paikassa Dortmund, EvoBus-koulutuskeskus.

7 Koulutus

EvoBusin vaatimusten mukaan kaikilla, jotka käyttävät tai ovat ajoneuvon kanssa tekemisissä, on oltava asianmukainen perehdytys tai koulutus ajoneuvoa varten. Koulutuksia löytyy eri tasoisia, riippuen siitä, mitä töitä ajoneuvon parissa tehdään. Kuljettajalle ja varikkohenkilökunnalle riittää käyttökoulutus. Yleinen korjaamokoulutus perehdyttää tekemään huoltotöitä. Korkeaajännitejärjestelmän töitä saa tehdä ainoastaan mekaanikko, joka on saanut koulutuksen korkeaajännitejärjestelmään [4, s. 11].

7.1 Kuljettajan ja varikkohenkilökunnan koulutus

EvoBus:in sääntönä on, että kaikki, jotka ovat tekemisissä ajoneuvon kanssa (kuljettajat, pesijät, varikon yleinen henkilökunta), on perehdytettävä ajoneuvon käyttöön ja sähköajoneuvoihin. Polttomoottoriset ajoneuvot ja niiden riskit ovat tunnettuja mutta sähköajoneuvot ovat uusi ilmentys varikolla. Kaikkien käyttäjien pitää olla tietoisia siitä, mihin saa koskea ja kuinka toimia vaaratilanteen sattuessa [4, s. 11].

14 § Työntekijälle annettava opetus ja ohjaus

Työnantajan on annettava työntekijälle riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä huolehdittava siitä, että työntekijän ammatillinen osaaminen ja työtekemys huomioon ottaen:

1) työntekijä perehdytetään riittävästi työhön, työpaikan työolosuhteisiin, työ- ja tuotantomenetelmiin, työssä käytettäviin työvälineisiin ja niiden oikeaan käyttöön sekä turvallisiin työtapoihin erityisesti ennen uuden työn tai tehtävän aloittamista tai työtehtävien muuttuessa sekä ennen uusien työvälineiden ja työ- tai tuotantomenetelmien käyttöön ottamista;

2) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta työn haittojen ja vaarojen estämiseksi sekä työstä aiheutuvan turvallisuutta tai terveyttä uhkaavan haitan tai vaaran välttämiseksi;

3) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta säätö-, puhdistus-, huolto- ja korjaustöiden sekä häiriö- ja poikkeustilanteiden varalta; ja

4) työntekijälle annettua opetusta ja ohjausta täydennetään tarvittaessa. [11.]

Varikkohenkilökunnalle ja kuljettajille on olemassa oma koulutus. Koulutuksen kurssikoodi on F18831 [3]. Painopiste koulutuksessa on, antaa perehdytys täysin uudensuuntauksiin vaaroihin ja riskeihin, joihin työntekijät eivät ole vielä totuneet. Koulutuksessa käydään

läpi ajoneuvon toiminta ja erityiskomponentit, ajoneuvon ajaminen, lataaminen, reitin lähtövalmistelut, lämmitys- ja ilmastointiautomaatiikan toimintalogiikka, vaarojen tunnistaminen ja toiminta vaaratilanteessa sekä ensiapu vahingon sattuessa. Kuljettaja ja henkilökunta tulee osata tunnistaa ajoneuvon toiminnan loogisuus ja mahdollinen toiminta vika-tilanteessa. Vaikka kyseessä olisi kokenut kuljettaja, on sähköajoneuvon toiminta ja vikatilanteet täysin eri, kuin mihin aikaisemmin on totuttu.

7.2 Yleinen korjaamokoulutus henkilökunnalle

Kaikkien korjaamolla työskentelevien henkilöiden tulee olla perehdytettyjä sähkön vaaroihin (ks. luku 5, Lainsäädäntö) [11]. Perehdytyksen lisäksi kaikki, jotka ovat tekemisissä ajoneuvon kanssa, tulee saada riittävä perehdytys ajoneuvon käyttöön sekä laitteistoon. Korjaamon henkilökunta voidaan perehdyttää joko koulutusputken perusmoduulin kursilla S 01527 (ks. luku 7.3) tai EvoBusin kurssilla W 02034. Tämä koulutus soveltuu esimerkiksi työnjohtajille ja yleiselle korjaamohenkilökunnalle, jotka eivät osallistu korkeajännitejärjestelmän ammattihenkilön koulutusputkeen. W 02034 -koulutus on kohdistettu eCitaroon ja sen erityistekniikkaan. S 01527 -koulutus on yleisen tason syvällisempi perehdytys korkeajännitejärjestelmiin [3; 4, s. 11].

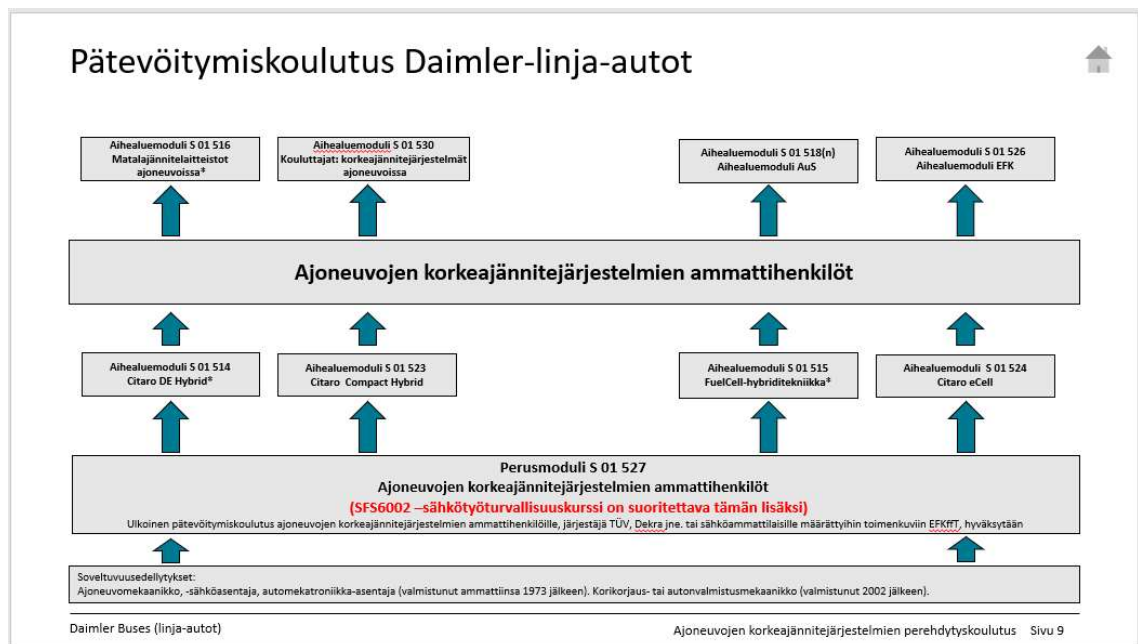
Koulutus W 02034 sisältää myös perehdytyksen korkeajännitejärjestelmiin. EvoBusin ohjeistuksen mukaan, koulutus antaa valmiudet ajaa ja ladata ajoneuvoa korjaamo-olosuhteissa sekä katsauksen korkeajännitteen vaaroihin ja ajoneuvon tekniikkaan. Tässä koulutuksessa käydään läpi lainsäädäntö korkeajännitejärjestelmään liittyen sekä korjaamolla tarvittavat erikoistyökalut ja valmistelut, mikäli korkeajännitteisesti varustettu ajoneuvo ajetaan korjaamolle. Kurssi sisältää kokeen, joka on läpäistävä.

7.3 Korkeajännitejärjestelmän koulutus

7.3.1 Koulutusputken eri tasot

Korkeajännitejärjestelmän koulutuksia löytyy eri tasoisia (kuva 36). Jotta voi liittyä koulutusputkeen, on mekaanikolla oltava riittävä taso sähköosaamisesta sekä työkokemusta alhaisemman jännitetason järjestelmistä sekä vianetsinnästä. Tämän pohjakoulutuksen voi suorittaa Daimlerin hyväksymillä MT (Maintenance Technician), ST (System Technician) ja DT (Diagnose Technician) -osaamistason kursseilla. Mekaanikon esimiehen

tulee vahvistaa että, korkeajännitejärjestelmäkoulutukseen ilmoitetaan riittävän pätevä henkilö. [4, s. 11].



Kuva 36. Korkeajännitejärjestelmien eri koulutustason EvoBusin vaatimusten mukaisesti [4, s. 11].

7.3.2 Perehdytys korkeajännitejärjestelmiin

Ensimmäiseksi tulee suorittaa perehdytyskurssi korkeajännitejärjestelmiin. Kurssin nimi ja tunnus on Perusmoduuli S 01527 [4]. Tämän kurssin tarkoituksena on antaa perehdytys korkeampaan jännitetasoon. Kurssilla käydään läpi sähköajoneuvon perusteet yleisellä näkökulmalla sekä käydään läpi Daimlerin historia eri vaihtoehtoisten polttoainejärjestelmien osalta. EvoBus:in kurssi on kaksipäiväinen, mutta Suomessa toinen päivä korvataan SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskurssilla [13]. Näin saadaan kurssille vaadittava määrä kansallista lainsäädäntöä sekä ensiapua. EvoBusin kurssimateriaali korvataan kansallisella lainsäädännöllä, koska niissä on hieman eroavaisuuksia.

Perehdytyksessä käydään läpi yleisellä tasolla mm.

- sähköajoneuvon perusteet (EvoBus:in näkökulmasta)
- akkupaketin rakenne ja kytkentä korkeajännitejärjestelmään
- sähköllä ajamiseen vaadittavat komponentit sekä lisälaitteet
- korjaamon erikoistyökalut ja korjaamon perusteet
- työturvallisuus ja työvarusteet
- ajoneuvon lataus
- sähkövirran tarve ja ajamisen kulutus
- ajoneuvon merkitseminen turvakyltein korjaamolla
- yleistä sähköajoneuvoista.

7.3.3 Mallikohtainen koulutus

Seuraava askel on suorittaa mallikohtainen koulutus (kuva 36). eCitaron mallikohtainen koulutus on koodiltaan S 01524 [5]. Mallikohtaisessa koulutuksessa käydään läpi kyseisen ajoneuvomallin rakenne, komponenttien sijainnit ja sen varusteet. Tämä koulutus antaa mekaanikolle pätevyyden korjata kyseistä ajoneuvomallia. Koulutus antaa eCitaron kohdalla pätevyyden seuraaviin töihin tavallisten huolto- ja korjaustöiden lisäksi:

- tehdä ajoneuvo jännitteettömäksi ja todeta jännitteettömyys
- korjata korkeajännitejärjestelmiä jännitteettömässä järjestelmässä
- tehdä eristysvastusmittaus sekä potentiaalintasaajien kunnon mittaus
- kytkeä ajoneuvon korkeajännite takaisin käyttötilaan.

Kun ajoneuvo kytketään jännitteettömäksi. Mikäli jännitteettömyyden toteamisessa korkeajännitejohtimien jännite on yli sallitun ($> 60 \text{ V}$), on työ keskeytettävä välittömästi. Tässä tapauksessa ajoneuvo on vikatilassa ja työskentelyn jatkaminen on työtä korkeajännitejärjestelmä jännitteellisenä. Työn jatkaminen vaatii SFS 6002 -standardin mukaan jännitetyöpätevyyden (ks. 7.3.4).

7.3.4 Korkeajännitejärjestelmän ammattihenkilö

Mikäli korkeajännitejärjestelmää ei vian takia saada kytkettyä jännitteettömäksi tai jännitteettömyyden toteamisen aikana järjestelmässä todetaan korkeita jännitteitä, on mekaanikolla oltava korkeajännitejärjestelmän ammattihenkilön koulutus. Kun todetaan jännite $>60 \text{ V}$, on kyseessä korkea jännite. Koulutus antaa pätevyyden työskennellä jännitteellisen järjestelmän parissa.

Korkeajännitejärjestelmän pätevyys vaatii kaksi koulutusta EvoBusin vaatimusten mukaan. Ensimmäinen taso on SFS6002 -standardin mukainen koulutus jännitetyökoulutus (kuva 36). Toinen taso on EvoBusin kurssikoodin mukaan esim. kurssi S 01526. Kyseinen koulutus antaa mekaanikolle pätevyyden purkaa akku ja suorittaa akkumoduulin sisälle korjauksia sekä kennostojen vaihtoja. [4, s. 11; 13, s. 11.]

8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on olla perehdyttävä opas, jonka avulla korjaamo-päällikkö tai muu vastaava saa kuvan siitä, mitä pitää ottaa huomioon, kun korjaamolle suunnitellaan sähköautojen huolto- ja korjaustoiminnan aloittamista. Sähköautot ovat lähitulevaisuutta myös korjaamoille ja verrattuna perinteisen polttomoottoritekniikan omaaviin ajoneuvoihin, sähköautoissa pätee täysin uusi ajattelutapa. Sähköautojen korjaamiseen liittyy riskejä, joita ei ole tähän mennessä tarvinnut ollenkaan ottaa huomioon. Opinnäytetyön avulla saa käsityksen siitä, miten henkilöstö tulee kouluttaa ja korjaamon edustajan on sen avulla tarkoitus miettiä, kuinka monta koulutetaan kullekin tasolle. Myös korjaamon tilankäytön osalta saa hyvän kuvan, mille hallipaikalle korjausvalmiutta voidaan alkaa suunnittelemaan sekä uuden korjaamon rakennusvaiheessa voidaan tarvittavaan tilantarpeeseen valmistautua.

Opinnäytetyössä käytiin läpi, mitä eroavaisuuksia raskaan kaluston sähköajoneuvolla verrattuna kevyen kaluston hyötyajoneuvoon. Kevyen kaluston ajoneuvoja on ollut mallistossa jo jonkin aikaa ja ideologia raskaaseen kalustoon on sama. Kuitenkin komponenttien koko, jännitetasot sekä toiminta komponenttien korjauksessa ja vikatilanteessa poikkeaa toisistaan. Latausasemat ja virran tarve on eri. Tämä käy ilmi viimeistään silloin, kun ajoneuvoja tulee ladata useampi kuin yksi kerrallaan. Kuten huomasimme eCitaron vierailun aikana Vantaan Ylästön korjaamolla. Korjaamolta löytyi ainoastaan yksi 63:n A pistoke, josta eCitaron sai ladattua tavoiteajassa. Latausmahdollisuus olisi ollut myös 32 A pistokkeen kautta, mutta pistokkeen valmistajan tiedoissa kyseistä pistoketta sai maksivirralla kuormittaa ainoastaan 6 tuntia. Jo pelkästään yhden ajoneuvon latauksen takia jouduimme suunnittelemaan aikataulun tarkasti, jotta ajoneuvo saatiin ladattua ennen seuraavaa asiakaskäyntiä. Tehtaan esittelyauto oli Suomessa 10.–28.4.2019.

Yhtenä opinnäytetyön tavoitteista oli luoda koulutussuunnitelma mekaanikoille, jotka työskentelevät eCitaron parissa. Koulutussuunnitelma saatiin luotua niin huoltohenkilökunnan perehdytyksen osalta, huoltomekaanikkojen osalta (jotka eivät tee työtä korkeajännitekomponenttien parissa) sekä mekaanikoille, jotka kykenevät tekemään eCitaron tarvittaessa jännitteettömäksi sekä työskentely jännitteellisten piirien parissa. Suomessa koulutusoikeudet rajoittautuvat jännitteettömäksi tekemiseen. Työskentely korkeajännitepiirien parissa jännitteellisenä, ei vielä kuulu henkilökunnan pätevyysiin. Tähän ei ollut myöskään päämieheltä vaatimusta esittelyauton ollessa Suomessa. Lähitulevaisuudessa hankin koulutusoikeudet työskentelyyn jännitteellisten piirien parissa, se riippuu

EvoBusin koulutustarjonnasta. SFS 6002 -koulutus on suoritettava koko korjaamoverkoston osalta ajan tasalle ja se toteutetaan yhteistyökumppanin avulla. Koulutus mukautetaan vastaamaan Vehon edustamia tuotteita.

Tehtaan testiauton osalta Vantaan Ylästön korjaamon linja-automekaanikot piti perehdyttää eCitaron osalta. Perehdytys suoritettiin kurssilla S 01527, ja koulutuksen lopuksi opitut asiat kerrattiin kokeella. Mikäli testiautoon olisi tullut korkeajännitejärjestelmän osalta vikaa, olisi minulla ollut oikeudet tehdä ajoneuvo jännitteettömäksi. Kun ajoneuvoja saapuu asiakasajoon, enemmistö linja-automekanikoista koulutetaan S 01524-tasolle.

Koulutusmateriaalin lainsäädäntö ja sähköturvallisuusohjeistus päivitettiin vastaamaan Suomen ajankohtaista lainsäädäntöä. Koulutusmateriaali pohjautui Saksan lainsäädäntöön ja ohjeistukseen. Opinnäytetyössä käytiin läpi lainsäädäntöjen eri pykälät, jotka vaikuttavat sähkötöiden tekemiseen sekä käytiin läpi SFS 6002 -sähköturvallisuusstandardi ajoneuvojen korjaamista vaikuttavien pykälien osalta.

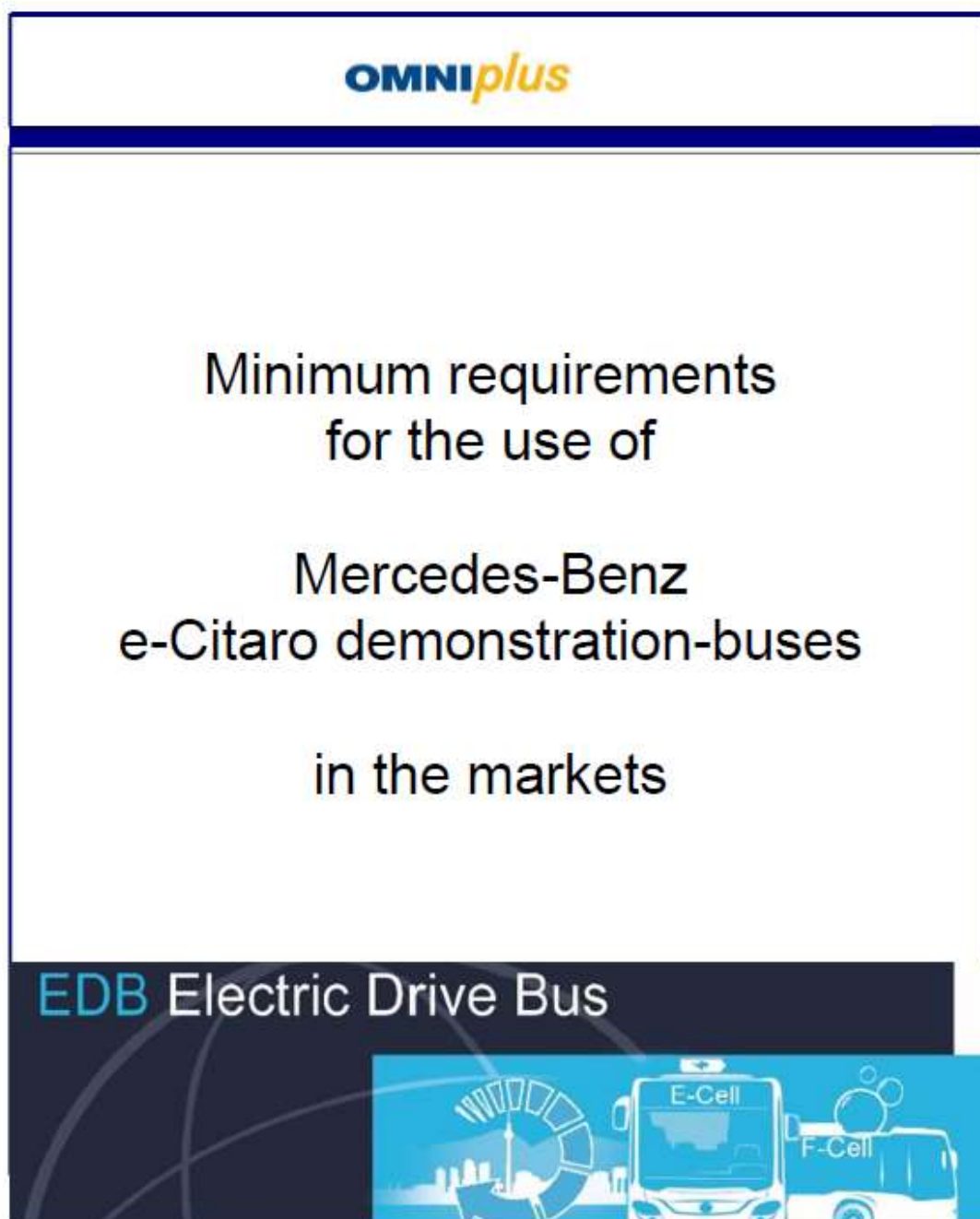
Opinnäytetyössä päästiin suunniteltuihin tavoitteisiin ja saatiin lisää tietoa koko yrityksen osalta, mitä pitää vielä kehittää ennen kuin ensimmäiset myydyt asiakasautot saapuvat liikenteeseen.

Lähteet

- 1 Daimler Innovation. 2019. Verkkojulkaisu. <<https://www.daimler.com/innovation/en/>>. Luettu 25.4.2019.
- 2 EvoBus GmbH Company. 2019. Verkkojulkaisu. <<https://www.evobus.com/en/evobus-gmbh-english/>>. Luettu 15.4.2019.
- 3 Matutis, Marco. 2019. eMobility consulting. Veho Ylästö, Vantaa. Kokous eCitaro Expert talk 15.2.2019.
- 4 Volmer, Kay; Mandel, Frank. 2019. EvoBus-koulutusmateriaali S 01527 – Sensibilisierung für Hochvoltsysteme KFZ EDB.
- 5 Volmer, Kay. 2019. EvoBus-koulutusmateriaali Fachmodul S 01524, Fachkraft für Hochvoltsysteme KFZ eCitaro. Dortmund 12.–14.2.2019.
- 6 Combined Charging System. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System> Luettu 14.4.2019
- 7 Schweiger, M. 2017. BMW. ISO15118 Standardization and market introduction, Vector eMobility engineering day, Stuttgart 27.04.2017. Verkkoaineisto. <https://assets.vector.com/cms/content/events/2017/EMOB17/Vector_EMOB_2017_Michael_Schwaiger.pdf>. Luettu 19.4.2019.
- 8 eVito – kouluttajan materiaali T1881F. 2018. Vans, Alternative drives, Product Qualification eVito/Model series 447, Trainer Document.
- 9 Monitoring a hybrid drive system, function. Mercedes-Benz workshop document: WIS gf08.30-p-5001rfh. 2018. WIS Workshop Information System.
- 10 Sähköturvallisuuslaki. 16.12.2016/1135.
- 11 Työturvallisuuslaki. 23.8.2002/738.
- 12 Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä. 1435/2016.
- 13 SFS 6002:2015 + A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. 2018. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 14 ECE Regulation No. 100. 2013. Geneva, Germany. United Nations.
- 15 Nuutinen, Marko. 2019. Työnjohtaja, Veho Ylästö, Vantaa. Keskustelu 4.2.2019.

- 16 eCitaro Minimum Workshop requirements. EvoBus GmbH. Luettu 15.2.2019.
- 17 Gossen Metrawatt. 2019. Verkojulkaisu. <<https://www.gossenmetrawatt.com/english/produkte/duspol-digital-1000.htm> > Luettu 18.3.2019
- 18 Fuso Canter Eco HYBRID -training material T1126F. 2013. Global Training.

Korjaamon auditointilista eCitaro -korjausvarustus



Introduction



Target of the Audit

Derived from the defined standards for the eCitaro support, the required minimum requirements shall ensure, from a CSP perspective, the use of the eCitaro in the markets.

The specialist in motor-vehicle high-voltage systems should preferably come from the national organization. If the specialist in motor-vehicle high-voltage systems comes from another national organization, it must be ensured that the qualification is also recognized. It is mandatory to involve the country coordinators "High Voltage" to clarify the country-specific regulations!

With regard to qualified vehicle handover and instruction, we refer to the separate requirements.

Course of the audit

Before the eCitaro is used in the market, the signed result sheet must be available

Fulfillment Criteria

Content



	<u>Page</u>
Check in the workshop (WS)	
E-WS-EA-1	Occupational safety for working on live components of the high-voltage system
E-WS-EA-1_Annex	Annex - Occupational safety equipment
E-WS-EA-2	Workshop equipment (WE) for high-voltage vehicles
E-WS-EA-2_Annex	Annex - Workshop equipment (WE) for high-voltage vehicles
E-WS-EA-3	Special tools for high-voltage energy supply
E-WS-EA-3_Annex	Annex - Special tools for high-voltage energy supply
E-BO-NA-2	High-voltage awareness qualification (Stage 1)
E-BO-NA-3	Qualification of specialist in high-voltage systems (Stage 2)
E-BO-NA-3_Annex1	Annex - Training plan for specialist in motor-vehicle high-voltage systems as per ECE-R 100
E-BO-NA-3_Annex2	Basic information on training plan
Results	



E-WS-EA-1

After-Sales requirement

Occupational safety for working on live components of the high-voltage system

Measurement parameter:

General occupational safety equipment is available in full as per the occupational safety list

If an EFK is to be used on loan for the time of use, he/she shall bring personal protective equipment
(See corresponding identification in the checklist)

The parts which are delivered with the eCitaro are also marked in the attachment

Required information

Auditor

If "No", please state reason:

I) Occupational safety equipment Stage 1 fulfilled

Yes

☐

No

☐

II) Occupational safety equipment Stage 2 fulfilled

Yes

☐

No

☐

Information for Auditor / Detailed explanation

Information for the MPC

Stage 1	Stage 2	Stage 3	Manufacturer/supplier	Designations/ordering data <i>Procurement only direct from manufacturer/supplier due to defined requirements or purchase recommendations</i>	Picture	personal equipment of specialist in motor-vehicle high-voltage systems	enclosed in the eCitaro	encured on site	Checked (Yes / No)
Occupational safety for working on live components of the high-voltage system									
x	x	x	Isotool ISOTOOLS e.K. Herichhauser Str. 18 D - 42349 Wuppertal Telefon: +49 (0) 202 477 566 https://isotools.de/de/	Insulating mats			x		
x	x	x	ATLAS® Schuhfabrik GmbH & Co. KG Frische Luft 159 44319 Dortmund Tel.: 02 31 / 92 42 - 100 www.atlascshuhe.de	Adas XP 435 - Article number 35300 S3 Protective shoe without ESD identifier		x			
x	x	x	No defined supplier	Orange cabinet for HV rescue equipment, first-aid kit; arc flash PPE, electrocution PPE, AED; insulating mat			x		
x	x	x	Philips AED Info-Hotline Tel.: 01805 32 62 77 https://www.philips.de/	HeartStart HS1 Defibrillator AED			x		
x	x	x	E.G. Fa. Gelkoh Sachsenweg 9 D-59073 Hamm info@gelkoh.de www.gelkoh.de Tel.: +49 (0) 2381 - 88 88 381	GEL extinguisher for lithium fire, GEL fire extinguisher 6-liter			x		



E-WS-EA-2

After-Sales requirement

Workshop equipment (WE) for high-voltage vehicles

Measurement parameter:

General tools for high-voltage systems, test equipment, chargers, load-carrying equipment, safety systems etc.) are available in full as per the special tool list

Required information

Auditor

If "No", please state reason:

I) Workshop equipment Stage 1 fulfilled

Yes ☐

No ☐

II) Workshop equipment Stage 2 fulfilled








Yes ☐

No ☐

Information for Auditor / Detailed explanation

Information for the MPC

Special tool list for Stage 2 and 3 HV work

Stage 1	Stage 2	Stage 3	Manufacturer/supplier	Designation/ordering data Procurement only: direct from manufacturer/supplier due to defined requirements or purchase recommendations	Picture	personal equipment of specialist in motor- vehicle high-voltage systems	enclosed in the eCitaro (number)	ensured on site (number)	Checked (Yes / No)																										
Workshop equipment (WE) for high-voltage vehicles																																			
x	x		Currently no manufacturer/supplier defined	Xentry test adapter for HVBB and battery module			x																												
x	x		GMC-I Messtechnik GmbH Südwestpark 15 D - 90440 Nürnberg Tel.: +49 911 8602 - 0 https://www.gmc- instruments.de/	Safety measuring equipment Gossen Metrawatt M508e Package for BUS incl. measuring line 14m			x																												
x	x		Gebhard und Gehring Signalring Str. 66 D - 72458 Albstadt Tel.: 07431 15200 https://www.gebhard- gerhing.de/	Cordon for workbay used for work on live components				(8) x																											
x	x		C.O. Weise GmbH & Co. KG Schützengr. 74 D - 44147 Dortmund-Mitte (0231) 82 00 47 http://www.coweise.de	Roof work stand, mobile work platform. With sufficient coverage of roof workspace (modular). The workshop is responsible for compliance with occupational safety requirements including the required fall protection for working on the roof (hazard assessment, employee induction)				x																											
x	x		Gebhard und Gehring Signalring Str. 66 D - 72458 Albstadt Tel.: 07431 15200 https://www.gebhard- gerhing.de/	Cordon for vehicle: 18 m				(10) x																											
x	x	x	ABUS August Brennicke-Söhne KG Altenhofer Weg 25 58300 Wetter Telefon: +49 23 95 634-0 http://www.abus.com/	Abus 5440 Pedock for emergency off switch Observe minimum shackle thickness for emergency off			x																												
x	x	x	Helox Automotive BV De Vries 24 5684 PH Best The Netherlands E-mail: orderdesk@helox.nl	HV charging device, mobile CEE 63A 40 kW scalable with CEE plugs <table><tr><td>Technische Beschreibung</td><td>40 kW (modB)</td></tr><tr><td>Removes Charging Point</td><td></td></tr><tr><td>Charging</td><td>3 Phase + N PE, 400V AC ±10%</td></tr><tr><td>Charging current (max)</td><td>63 A</td></tr><tr><td>Power</td><td>50 kW</td></tr><tr><td>Cable length</td><td>0,85</td></tr><tr><td>DC Output</td><td></td></tr><tr><td>Power rating</td><td>40 kW</td></tr><tr><td>Power</td><td>63 A</td></tr><tr><td>Cable length</td><td>200 m DC line 3 x 63 x 10</td></tr><tr><td>Technical drawing</td><td></td></tr><tr><td>Electromagnetic compatibility</td><td>CE certified</td></tr><tr><td>Reference</td><td>CUEN 2001 / 400000 E 2</td></tr></table>	Technische Beschreibung	40 kW (modB)	Removes Charging Point		Charging	3 Phase + N PE, 400V AC ±10%	Charging current (max)	63 A	Power	50 kW	Cable length	0,85	DC Output		Power rating	40 kW	Power	63 A	Cable length	200 m DC line 3 x 63 x 10	Technical drawing		Electromagnetic compatibility	CE certified	Reference	CUEN 2001 / 400000 E 2			x		
Technische Beschreibung	40 kW (modB)																																		
Removes Charging Point																																			
Charging	3 Phase + N PE, 400V AC ±10%																																		
Charging current (max)	63 A																																		
Power	50 kW																																		
Cable length	0,85																																		
DC Output																																			
Power rating	40 kW																																		
Power	63 A																																		
Cable length	200 m DC line 3 x 63 x 10																																		
Technical drawing																																			
Electromagnetic compatibility	CE certified																																		
Reference	CUEN 2001 / 400000 E 2																																		



E-WS-EA-3

After-Sales requirement

Special tools for high-voltage energy supply

Measurement parameter:

General tools for high-voltage systems, test equipment, chargers, load-carrying equipment, safety systems etc.) are available in full as per the special tool list.

Required information

Auditor

If "No", please state reason:

I) HV energy supply special tools Stage 1 fulfilled

Yes

☐

No

☐

II) HV energy supply special tools Stage 2 fulfilled

Yes

☐

No







☐

Information for Auditor / Detailed explanation

Information for the MPC

Special tool list for Stage 2 and 3 HV work

E-WS-EA-3_Annex

Stage 1	Stage 2	Stage 3	Tool Number	Designations/ordering data Procurement only direct from manufacturer/supplier due to defined requirements or purchase recommendations	Picture	personal equipment of specialist in motor- vehicle high-voltage systems	enclosed in the eCitroo (number)	encured on site	Checked (Yes / No)
Special tools for high-voltage energy supply									
	x	x	W 000 588 07 19 00	2-pin measuring instrument Dupoi 1000 digi			(1)x		
	x	x	W 000 589 52 99 00	ESD kit for rep. BCM / DOCU			(1)x		
	x	x	W 628 589 04 63 00	Short circuit bridge, up to 4 ea. per veh. Aufgrund aktueller konstruktiver Änderungen bis auf Weiteres nicht mehr verwenden, toplo is still in clarification - status: 18.10.2018			(4)x		
	x	x	W 222 589 02 63 00	Test adapter for HVBB transportability			(1)x		
	x	x	W 628 589 02 99 00	Cap set HVBB (price is for 2 pcs., needed are 2 pcs.)			(3)x		
	x	x	W 628 589 01 99 00	Cap set HVBC (price is for 8 pcs., needed are 6-12 pcs. Depending on the number of batteries)			(8)x		



E-BO-NA-2

After-Sales requirement*

High-voltage awareness qualification (Stage 1)

Every service center/workshop must ensure that all workshop employees, who work directly with vehicles with high-voltage systems in their area of activity or could come into contact with them, receive high-voltage awareness training (workshop forepersons, service advisors, maintenance technicians etc.).

Measurement parameter:

Training certificates (SD1511/T08511) are available and there is at least 1 training certificate available per workshop employee

Required information

Copies of the training certificates and/or proof of participation are supplied during the audit.

* Applies to the Federal Republic of Germany. In other countries, the training processes must be checked and adapted to the legal requirements and regulations. For EvoBus, the country coordinators at the respective subsidiaries are the contact persons in this regard

Auditor

				If "No", please state reason:
(1) Staff at the company are aware of the necessity and responsibility for training	Yes	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
(2) Training certificates are available (workshop forepersons, service advisors, maintenance technicians etc.)	Yes	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

Information for Auditor / Detailed explanation

Information for the MPC

The wholesale organization has verifiably informed the respective customers about this point!



E-BO-NA-3

After-Sales requirement*

Qualification of specialist in motor-vehicle high-voltage systems (Stage 2)

Number of specialists in motor-vehicle high-voltage systems:

At least one employee with the qualification "specialist in motor-vehicle high-voltage systems (stage 2)" has to be available per market for the whole time an eCitaro is in operation locally.

Qualification:

Specialists for motor-vehicle high-voltage systems are recognised as follows

Case A: Qualification through completion of EvoBus training (see Annex)

Case B: Qualification through Daimler Cars or Truck as well as external qualification through e.g. TÜV, TAK, Dekra etc. in combination with a product training course of one of the EvoBus technical modules (see Annex)

Measurement parameter:

Required information

The qualification matrix corresponds to the requirements of DGUV specification 3 and DGUV information bulletin 200-005 and complies with the concepts of Daimler AG. These specifications are for the Federal Republic of Germany. In other countries, the training processes must be checked and adapted to the legal requirements and regulations. At the subsidiaries, the high-voltage country coordinator is the contact person in this regard.

Name of the designed to be EFK HV KFZ:

.....

Home Dealer / workshop pf the EFK HV KFZ:

.....

Auditor

Ia) Basic training plan fulfilled

Yes ☐

No ☐

If "No", please state reason:

Ib) External qualification training plan fulfilled

Yes ☐

No ☐

II) Technical module training plan fulfilled

Yes ☐

No ☐

Information for Auditor / Detailed explanation

Information for the MPC



E-BO-NA-3 Training plan

Training plan for qualification of specialist in motor-vehicle high-voltage systems as per ECE-R100

Checklist for training courses

Case A (EvoBus qualification):

All three listed EvoBus training courses must be completed.

- | | | |
|-----|---|--|
| Ia) | <u>Fundamentals</u> | |
| | <u>S01511/T08511 High-voltage battery</u> | Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| | <u>S01527 Base module for high-voltage-system specialists</u> | Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| II) | <u>Technical module</u> | |
| | <u>S01524 E-Citaro high-voltage systems technical module</u> | Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |

Case B (external qualification + EvoBus technical module):

Qualification as a specialist for motor-vehicle high-voltage systems based on an external qualification is only recognised in combination with completion of a **product training course of one of the technical modules listed below**.

Valid external qualifications include the qualifications of Daimler Cars or Truck and external qualification as an electrical specialist for defined activities, GAP, authorized by e.g. TÜV, TAK, Dekra etc.

- | | | |
|-----|---|--|
| Ib) | <u>External qualification</u> | |
| | <u>Training certification from an external qualification is available</u> | Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| II) | <u>Technical module</u> | |
| | <u>S01524 E-Citaro high-voltage systems technical module</u> | Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |

* Applies to the Federal Republic of Germany. In other countries, the training processes must be checked and adapted to the legal requirements and regulations. At the subsidiaries, the high-voltage country coordinator is the contact person in this regard.

Basic information on training plan*



*Valid for the Federal Republic of Germany



Name of wholesale organisation: _____

		for	MB eCitaro fulfilled
Check in the workshop (WS)			
E-WS-EA-1	Occupational safety for working on live components of the high-voltage system	Yes	No
E-WS-EA-2	Workshop equipment (WE) for high-voltage vehicles	Yes	No
E-WS-EA-3	Special tools for high-voltage energy supply	Yes	No
E-WS-EA-4	Special tools for vehicle package	Yes	No
E-WS-EA-5	CO2 air conditioner	Yes	No
Check in back office (BO)			
E-BO-NA-2	High-voltage awareness qualification (Stage 1)	Yes	No
E-BO-NA-3	Qualification of specialist in high-voltage systems (Stage 2)	Yes	No

Signature
Place, Date

CSP-Manager

vEFK

Luettelo S10-2019

SÄHKÖLAITTEISTOJEN TURVALLISUUTTA JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUTTA
KOSKEVAT STANDARDIT

Päivitetty 23.1.2019, korvaa Tukes-ohjeen S10-2018

Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 33§ ja 84§ mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan lain vaatimusten täyttyvän sähkölaitteiston rakenteelle ja sähkötyöturvallisuudelle.

Luettelo päivitetään tavallisesti kerran vuodessa.

Sähkölaitteistot

SFS 6000 (2017)	Pienjännitesähköasennukset (Standardisarja, joka sisältää 39 kpl erillisiä standardeja)
SFS 6001 (2018)	Suurjännitesähköasennukset
SFS-EN 60079-14 (2015) + AC (2016)	Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen
SFS-käsikirja 604-2 (2017) Luku 3	Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto, Luku 3: Räjähdetilat
SFS-EN 50107-1 (2003)	Valomainokset ja valopurkausputkien asennukset yli 1 kV mutta alle 10 kV tyhjäkäyntijännitteellä. Osa 1: Yleiset vaatimukset
SFS-EN 50191 (2011)	Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö
SFS-EN IEC 62485-2 (2018)	Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikalliset (Vastaa tekniseltä sisällöltään standardia SFS-EN 50272-2 (2001))
SFS-EN 50119 (2010) +A1 (2013)	Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines
SFS-EN 50122-1 (2011) + A1 (2011) + A2 (2016) + A3 (2016) + A4 (2017)	Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and bonding. Part 1: Protective provisions against electric shock
SFS-EN 50122-2 (2011)	Railway applications. Fixed installations. Electrical safety, earthing and the return circuit. Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems
SFS-EN 50124-1 (2017)	Railway applications. Insulation coordination. Part 1: Basic requirements. Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment

SFS-EN 50341-1 (2014) + SFS-EN 50341-2-7 (2015)	Vaihtosähköilmajohtot yli 1 kV jännitteillä. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Yhteiset määrittelyt, Osa 2-7 Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt <i>(Standardeja sovelletaan myös enintään 1 kV:n ilmajohtoihin osan 2-7 soveltamisalan mukaisesti)</i>
--	--

Sähkötyöturvallisuus

SFS 6002 (2015) + A1 (2018)	Sähkötyöturvallisuus <i>(Lisäys A1 2018 ei varsinaisesti muuta standardin asiasisältöä)</i>
--------------------------------	--

Standardin painoksen vaihtuminen:

Lain (1135/2016) 33§:ssä on säädetty seuraavasti sähkölaitteistojen turvallisuusvaatimusten osalta:

"Standardin tai sen painoksen vaihtuessa sähköturvallisuusviranomainen päivittää standardiluettelon. Luettelon päivityshetkellä rakenteilla oleva sähkölaitteisto voidaan rakentaa valmiiksi ja ottaa käyttöön edellisen standardin mukaisena kolmen vuoden kuluessa päivityksestä"

Lain ns. perustelumuiotissa (HE 116/2016) on asiasta seuraava täydentävä selitys:

"Rakenteilla olevaksi sähkölaitteistoksi katsotaan tilanne, jossa konkreettinen rakentaminen on jo aloitettu tai sähkösuunnitelman perusteella on jo ryhdytty konkreettisiin toimenpiteisiin, kuten urakkatarjouskierrokseen. Sen sijaan pelkkää sähkösuunnitelman olemassaoloa ei lasketa tällaiseksi, koska suunnitelmia voi olla hyvinkin vanhoja ja hyvin eritasoisia varalle tehtyinä."

Luetteloitujen standardien suhde määräyksiin

Ohjeessa luetteloituja standardeja noudattamalla katsotaan sähköturvallisuuslain 1135/2016 31§ ja 82§ nojalla annettujen olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyvän. Tämä koskee niitä standardeissa esitettyjä vaatimuksia, jotka kuuluvat sähköturvallisuuslain kyseisten pykälien soveltamisalaan. Luetteloiduissa standardeissa saattaa olla myös yksittäisiä vaatimuksia, jotka eivät liity näihin lain kohtiin tai jotka liittyvät jonkin toisen lain soveltamisalan määräyksiin.

Luettelon muutokset Tukes-ohjeeseen S10-2018 nähden:

Luetteloon on lisätty seuraavat standardien uudet painokset tai muutokset:

- SFS 6001 (2018) Suurjännitesähköasennukset
- SFS-EN 50122-1 A2 (2016), A3 (2016), A4 (2017) Railway applications ...
- SFS-EN 50124-1 (2017) Railway applications ...

Lisäksi luetteloon on lisätty standardi SFS-EN IEC 62485-2 (2018) sekä muutos SFS 6002 A1 (2018), jotka eivät varsinaisesti muuta edeltäjiensä asiasisältöä.

Sähköajoneuvoja koskevat vaatimukset SFS6002

U.1 Yleistä

Tässä liitteessä tarkoitetaan sähköajoneuvolla sähkö- tai hybridiajoneuvoa tai työkonetta, jossa on akusta tai vastaavasta energialähteestä syötettävä sähköinen ajovoimajärjestelmä, jonka nimellisjännite on yli 120 V tasajännitettä tai 50 voltia vaihtojännitettä. Sähköajoneuvoissa käytetään yleisesti termiä matalajännite (en low voltage) tarkoittamaan alle 60 V tasajännitettä ja 30 V vaihtojännitettä eli tavallisesti ajoneuvojen 12 V ja 24 V akkujännitteitä. Ajovoimajärjestelmissä käytettäviä suurempia jännitteitä kutsutaan ajoneuvotekniikassa korkeajännitteiksi (en high voltage). Raja on määritelty Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) säännössä nro 100 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train (versio 2, elokuu 2013) kohdassa 2.17.

Tämä liite sisältää sähköajoneuvokorjaamoja koskevia erityispiirteitä. Sähköajoneuvokorjaamot poikkeavat tavallisista sähkölaitekorjaamoista mm. siten, että ajoneuvokorjaamolla korjattavista autoista vain pieni osa on sähköajoneuvoja ja samoissa korjaamotiloissa työskentelee mekaanikkoja, joilla ei ole sähköalan koulutusta tai kokemusta.

Sähköturvallisuuslain mukaan tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä ei vaadita sähkötöiden johtajaa, jos työn suorittaja on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin. Työn tekijän on tällöin huolehdittava työnaikaisesta sähköturvallisuudesta, ks. asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016).5

U.2 Kilvet ja ohjeet

Mikäli sähköajoneuvossa tehdään sähkötyötä, on ajoneuvo merkittävä selkeästi esimerkiksi lippusiimalla ja vaarallisesta jännitteestä kertovalla varoituskilvellä, joka sijoitetaan näkyvään paikkaan esimerkiksi ajoneuvon katolle. Korjaamotila ja työntekijöiden sosiaalitila on varustettava ensiapuhjetaululla. Korjaamotilan kaikki henkilökulkutiet on varustettava vaarallisesta jännitteestä varoittavilla kilvillä sekä pääsy asiattomilta kielletty -maininnalla. Sähkö- tai hybridiajoneuvoja huollettaessa ja korjattaessa on työntekijällä aina oltava käytettävissä ajoneuvomallikohtaiset huolto/korjausohjeet, jotka sisältävät ohjeet ajoneuvon jännitteettömäksi tekemiseksi.

U.3 Henkilöstön koulutus

Hybridi- ja sähköajoneuvoja korjattaessa tämän standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus soveltuvin osin ja tarvittava ajoneuvomallia koskeva koulutus, on annettava kaikille ajoneuvon huolto- ja korjaustoimenpiteitä tekeville.

Ne korjaamohallissa työskentelevät, jotka eivät osallistu sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöihin, eivät tarvitse varsinaista sähkötyöturvallisuuskoulutusta. Heille riittää perehdytys sähköön vaaroihin ja toimintaan onnettomuustilanteessa. Ajoakuston jännitetöihin sovelletaan kohdan Y.7 vaatimuksia jänniterajoista riippumatta.⁵

SFS6002 -standardi Liite X

(kansallinen opastava)

X.9 Sähkötyöturvallisuutta koskeva koulutus

Kaikille sähköalan töitä tekeville henkilöille, mukaan luettuna työnjohto-, käyttö- ja asiantuntijatehtävissä toimivat henkilöt, on annettava sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka sisältää vähintään seuraavat asiat:

- sähkön aiheuttamat vaarat ja niiltä suojautuminen
- sähkötyöturvallisuutta koskevien keskeisten säädösten periaatteet, säädösten mukaisten vastuuhenkilöiden tehtävät ja standardin SFS 6002 asema standardin
- SFS 6002 sisältö soveltuvin osin.

Koulutuksen sisällössä pitää ottaa huomioon ne tehtävät, joissa koulutukseen osallistuvat henkilöt toimivat. Esim. suurjännitelaitteistoissa työskenteleville henkilöille suositellaan koulutukseen sisältyvän alalla yleisesti käytössä olevat käyttötoiminnan yhteiset turvallisuusperiaatteet ja sähköajoneuvojen kanssa työskenteleville henkilöille annettavassa koulutuksessa korostetaan tämän standardin liitteen U mukaisia asioita. Koulutuksen sisältö ja pituus riippuvat koulutettavan henkilön sähköturvallisuutta koskevan tiedon tasosta. Sähköalan peruskoulutuksessa tulee sähkötyöturvallisuutta käsitellä laajasti opinnoissa, ja niiden tulee sisältää myös käytännön harjoituksia. Ammattihenkilöiden koulutus voi olla lyhyempi esim. yhden työpäivän mittainen tai muuten vastaavan laajuinen ja keskittyä varsinkin kertauskursseilla erityisesti havaittuihin ongelmakohtiin ja asenteisiin vaikuttamiseen. Tietojen ymmärtäminen on varmistettava kokeella tai muulla soveliaalla tavalla. Koulutuksesta on annettava todistus tai vastaava dokumentti. Todistus voidaan antaa esimerkiksi korttimuodossa.

Erilliset koulutustilaisuudet voidaan korvata dokumentoidulla järjestelmällä, jossa jatkuvasti ylläpidetään henkilöstön sähkötyöturvallisuuden osaamista.

Tietojen pitää jatkuvasti vastata työn vaatimuksia. Jos käytetään määräväleihin tapahtuvaa koulutusta, sähkötyöturvallisuuskoulutus uusitaan siten, että koulutusten väli on enintään viisi vuotta. Koulutus suositellaan uusittavaksi lyhemmällä aikavälillä silloin kun työntekijän tehtävissä, yrityksen työjärjestelyissä tai sähkötyöturvallisuuteen liittyvissä vaatimuksissa tapahtuu olennaisia muutoksia tai on havaittu sähkötyöturvallisuuden tason heikkenemistä. Standardin SFS 6002 on oltava työntekijöiden käytettävissä myös koulutusten välisenä aikana. Työnantajalla pitää olla tiedot työntekijöiden saamasta sähkötyöturvallisuuteen liittyvästä koulutuksesta.

Sähkötyöturvallisuuskoulutuksen lisäksi työntekijöille on tarpeen antaa opastusta erityisesti silloin, kun otetaan käyttöön uusia työmenetelmiä tai tehdään poikkeavia töitä. Kaikille annettavassa sähkötyöturvallisuuskoulutuksessa on tarpeen käsitellä jännitetöitä koskevia asioita vain niiltä osin kuin tarvitaan jännitetöiden erityisluonteen ymmärtämiseksi. Varsinainen jännitetyön tekemistä koskeva koulutus annetaan erikseen kohdan 6.3.2 ja liitteen Y mukaisesti. Kun tehdään muita töitä sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä esim. siivousta, kuljetuksia, nosto- tai metsätöitä, tulee myös näiden töiden tekijöille antaa soveltuva sähköturvallisuutta koskeva opastus.

X.10 Ensiapukoulutus

Ensiapuvalmiutta koskeva yleissäädos on työturvallisuuslain 46 §:ssä. Sähköalan töissä on erityisesti huolehdittava ensiapuvalmiudesta sähkön aiheuttamien tapaturmien varalta. Sähkötöitä tehdään usein vaihtuvissa työpaikoissa yksin tai pienessä työryhmässä. Tämän takia kaikille ammattitaitoa vaativiin sähkötöihin osallistuville sähköalan ammattihenkilöille työnjohdon ja käytönjohdon henkilöt mukaan luettuna sekä näissä töissä avustamaan opastetuille henkilöille pitää antaa ensiapukoulutus, joka käsittää ainakin palovammoihin sekä ruhje- ja viiltohaavoihin annettavan ensiavun sekä puhallus- ja painantaelvytyksen opettamisen ja niitten käytännön harjoittelemisen. Ensiapuvalmiuksia on tarpeen pitää yllä jatkuvasti. Tämän takia elvytystoimenpiteitä on syytä harjoitella enintään kolmen vuoden väliajoin. Ensiapuhjeita antavia tauluja on sijoitettava sähkölaitekorjaamoihin ja sähkölaboratorioihin (ks. SFS 6000-8-803) ja näitä tauluja suositellaan lisäksi sijoitettavaksi kojeistotiloihin ja sähköalan henkilökunnan oleskelutiloihin.