



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mikko Heikkinen

Korjaamotyöskentely korkeajännite- ajoneuvon parissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

19.5.2020

Tekijä Otsikko	Mikko Heikkinen Korjaamotyöskentely korkeajänniteajoneuvon parissa
Sivumäärä Aika	23 sivua + 2 liitettä 19.5.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Ajoneuvosuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Vesa Linja-aho Asiakaspalvelupäällikkö Jukka Salonranta, Scania Suomi Oy
<p>Tässä insinööriyössä on selvitetty, mitä nykyaikaisen raskaan kaluston korjaamon toiminnassa tulee ottaa huomioon, kun siirytään työskentelemään korkeajännitetekniikkaa sisältävän ajoneuvon parissa. Työ on toteutettu yhteistyössä Scania Suomi Oy:n Konalan korjaamon kanssa.</p> <p>Työssä esitellään erilaisia sähkö- ja hybridiajoneuvoja sekä teknisiä ratkaisuja, joita nykypäivän ajoneuvoteollisuus on tuonut markkinoille ja joita kuorma-autovalmistaja Scania käyttää ajoneuvoissaan. Työssä on selvitetty, mitä vaatimuksia korkeajännitteellä toimiva ajoneuvo asettaa korjaamolle. Lähteenä on käytetty muun muassa ajoneuvovalmistajan ohjeita korjaamolle sekä kirjallisuutta ajoneuvojen sähkötyöturvallisuudesta. Lisäksi korjaamon asiakaspalvelupäällikön Jukka Salonrannan kanssa käydyissä keskusteluissa ilmenneitä tulevia haasteita pohditaan sekä Konalan korjaamon että monimerkkikorjaamoidenkin kannalta.</p> <p>Työn tuloksena syntyi selvitys erilaisista asetuksista ja vaatimuksista, joita korkeajänniteajoneuvo asettaa korjaamon infrastruktuurille, työturvallisuudelle, työkaluille sekä mekaniikoille. Lisäksi työssä kuvataan, miten nämä asiat näkyvät käytännössä korjaamon toiminnassa.</p>	
Avainsanat	korkeajännite, hybridi, sähkötyöturvallisuus, Scania

Author Title	Mikko Heikkinen Working with High Voltage Vehicles in a Workshop
Number of Pages Date	23 pages + 2 appendices 19 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Jukka Salonranta, Customer Service Manager, Scania Suomi Oy
<p>The purpose of this thesis was to study what measures have to be taken in a modern heavy truck workshop when working with high voltage vehicles. The study was carried out in cooperation with Scania Suomi workshop in Konala, Helsinki.</p> <p>The thesis introduces different electric and hybrid vehicles and the technical solutions that modern vehicle industry has brought to the market. It also introduces some of the techniques heavy truck manufacturer Scania uses in their electric and hybrid vehicles.</p> <p>The thesis sorts out the requirements set for a workshop that works on high voltage vehicles. Source materials for this study came from the vehicle manufacturer Scania and from literature and legislation of safety at electrical work.</p> <p>The thesis resulted in a review of different regulations and requirements a high voltage vehicle sets for the workshop infrastructure, safety at work, tools, and mechanics. Furthermore, how these matters effect the normal daily life of the workshop are described in the thesis.</p>	
Keywords	high voltage, hybrid, safety at electrical work, Scania

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Korkeajänniteajoneuvotekniikan perusteita	2
2.1	Hybridiajoneuvot ja tekniikat	2
2.1.1	Sarjahybridi	3
2.1.2	Rinnakkaishybridi	3
2.1.3	Sarja-rinnakkaishybridi	4
2.1.4	Plug-in-hybridi	4
2.1.5	Range extender	4
2.1.6	Hybridisointiaste	5
2.2	Sähköajoneuvot	6
2.3	Ajoakustot ja akunhallintajärjestelmä	6
2.3.1	Invertteri	7
3	Scanian hybridiajoneuvot	8
3.1	Hybridikuorma-autot	8
3.2	Täyssähkö- ja hybridilinja-autot	9
3.3	HVO	9
3.4	FAME	10
4	Juridiset näkökohdat	11
4.1	Sähkötyöturvallisuus	11
4.1.1	Korjaamon toiminnan edellytyksiä	11
4.1.2	Korkeajännitejärjestelmän saattaminen jännitteettömäksi	12
4.1.3	Sähkön vaarat ja vaikutukset	13
5	Toiminta korjaamolla	15
5.1	Mekaanikkojen koulutukset	15
5.2	Työkalut, suojavarusteet ja korjaamon tilat	16
5.3	Haasteet korjaamon toiminnassa	18

6	Yhteenveto	20
	Lähteet	22
	Liitteet	
	Liite 1. Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 liite U	
	Liite 2. Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 liite V	

Lyhenteet

AC	Alternative Current – vaihtovirta/vaihtojännite
DC	Direct Current – tasavirta/tasajännite
HEV	Hybrid Electric Vehicle – hybridi ajoneuvo
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle – pistokehybridi ajoneuvo
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil – uusiutuva dieselpolttoaine
FAME	Fatty Acid Methyl Ester – biodieselpolttoaine
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

1 Johdanto

Korkeajännitetekniikkaa käyttävät ajoneuvot ovat vielä varsin uusi ilmiö raskaan kaluston puolella. [1] Henkilöliikenteessä ovat viime aikoina paljon yleistyneet sähkö- ja hybridilinja-autot, ja sähkö- ja hybridihenkilöautoja onkin ollut liikenteessä jo hieman pidemmän aikaa. [2; 3.] Koko ajan tiukentuvat ajoneuvoille asetettavat päästövaatimukset pakottavat ajoneuvovalmistajat siirtymään ajoneuvoissaan vaihtoehtoihin voimalinjaratkaisuihin. Myös raskaan kaluston puolella tämä tarkoittaa tässä tapauksessa vaihtoehtoisten polttoaineiden lisäksi koko ajan lisääntyvää ajoneuvojen sähköistämistä. Ammattiliikenteessä tällaisia ajoneuvoja ei vielä kuitenkaan kovin montaa ole aktiivisessa käytössä. Tämän takia raskaan kaluston korjaamoilla on vielä vähän kokemusta korkeajännitteisten ajoneuvojen huolto- ja korjaustöistä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millaisia erilaisia asioita korjaamon toiminnassa on otettava huomioon ennen kuin aloitetaan työskentelemään korkeajännitteisen ajoneuvon parissa.

Tämä opinnäytetyö on selvitystyö siitä, millaisia juridisia asioita korjaamon on otettava huomioon korkeajännitetöissä ja millaisia vaatimuksia nämä asiat asettavat korjaamolle. Työssä on paneuduttu erilaisiin asetuksiin ja vaatimuksiin, korjaamon infrastruktuuriin sekä sähkötyöturvallisuuteen. Työ on tehty yhteistyössä Scania Suomen Konalan korjaamon kanssa ja työssä esitellään myös hieman Scanian markkinoilla olevia ja niille tulevia sähkö- ja hybridiajoneuvoja. Työssä selvitettyistä vaatimuksista ja niiden aiheuttamista haasteista on keskusteltu korjaamon asiakaspalvelupäällikkö Jukka Salonrannan kanssa ja näitä haasteita pohditaan korjaamon näkökulmasta työn lopussa.

2 Korkeajänniteajoneuvotekniikan perusteita

Korkeajännitetekniikkaa hyödyntävät ajoneuvot eroavat monilta osin perinteisistä pelkällä polttomoottorilla toimivista ajoneuvoista. Tällaisia korkeajännitteellä toimivien ajoneuvoja ovat henkilö- ja tavaraliikenteessä pääasiassa erilaiset sähkö- ja hybridiajoneuvot. On siis hyvä avata ensin hieman erilaisten korkeajänniteajoneuvojen tekniikkaa ja toimintaperiaatteita, jotta ymmärtää myös mihin on kiinnitettävä huomiota, kun työskennellään tällaisten ajoneuvojen kanssa. Autoalalla korkeajännitetekniikka tarkoittaa käytännössä ajoneuvoa, jonka sähköisen voimalinjan nimellisjännitteet ovat 60–1500 voltia tasajännitettä (DC) ja 30–1000 voltia vaihtojännitettä (AC). [4, s. 9.]

2.1 Hybridiajoneuvot ja tekniikat

Ajoneuvojen ilmastoon vaikuttavien päästöjen lisääntyminen ja fossiilisten polttoaineiden ehtyminen ovat saaneet eri ajoneuvovalmistajat pohtimaan uusia ratkaisuja koko ajan lisääntyvän liikenteen tarpeiden ja toiminnan takaamiseksi. Yksityisautoilun lisäksi myös tavaraliikenne ja julkinen liikenne ovat kasvaneet viime vuosina, ja tämän takia myös eri ajoneuvojen paikalliset päästöt ovat lisääntyneet ja niiden vaikutukset ilmastoon sekä ihmisiin ovat nähtävissä jo tälläkin hetkellä. Näiden ongelmien vaikutusten vähentämiseksi ja ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ajoneuvovalmistajat ovat päätyneet keskittymään yhä enemmän hybridi- ja sähköajoneuvojen kehittämiseen ja valmistamiseen. [5; 6, s. 9.] Seuraavassa käsitellään erilaisia hybridi- ja sähköajoneuvojen voimalinjaratkaisuja ja tarkastellaan päällisin puolin niiden tekniikkaa.

Hybridiajoneuvolla, lyhyesti HEV eli Hybrid Electric Vehicle, tarkoitetaan ajoneuvoa, jonka päävoimanlähteen yhteydessä toimii myös toinen voimanlähde. Yleinen käytössä oleva ratkaisu on esimerkiksi ajoneuvo, jonka ensisijainen voimanlähde on polttomoottori ja sen yhteydessä toimivat sähkömoottorit. Sähkömoottorit saavat energiansa erillisestä akustosta, joka on sijoitettu ajoneuvon rakenteisiin. Tällainen ratkaisu on tehokas, sillä se mahdollistaa esimerkiksi sen, että ajoneuvossa voidaan käyttää polttomoottoria, jonka iskutilavuus on pienempi, ja näin moottori on myös taloudellisempi ja ympäristöystävällisempi. Lisäksi sähkömoottorin toiminta on tehokkaampaa kuin polttomoottorin, sillä sähkömoottorin maksimivääntömomentti on käytettävissä sen koko kierrosalueella.

Sähkömoottorit ovat myös hiljaisempia ja toiminnaltaan tasaisempia mitä polttomoottorit, millä on iso vaikutus esimerkiksi ajo- ja matkustusmukavuuteen. [6, s. 9; 7, s. 41–42.]

2.1.1 Sarjahybridi

Sarjahybridissä ajoneuvon polttomoottori ei ole yhteydessä voimansiirtoon mekaanisesti. Polttomoottori voi hybridivoimalinjan kokoonpanosta riippuen tuottaa sähköenergiaa generaattorin tavoin suoraan ajoneuvon voimansiirtoon kytketyille sähkömoottorille tai sitten korkeajänniteakustolle sekä sähkömoottorille samanaikaisesti. Tällainen kokoonpano vaatii polttomoottorin lisäksi kaksi sähkömoottoria. Toinen sähkömoottori toimii laturina ja toinen liikuttaa ajoneuvoa. Sarjahybridin etu on siinä, että kun polttomoottori ei ole mekaanisesti yhteydessä voimansiirtoon, mitään kytkimiä tai vaihteistoja ei tarvita. Lisäksi voimalinjan komponenttien sijoittelu on vapaampaa, sillä polttomoottori ja ajoneuvoa liikuttava sähkömoottori voivat sijaita eri paikoissa. Polttomoottoria voidaan myös käyttää koko ajan sen optimaalisimmalla tehoalueella. Huono puoli on, että esimerkiksi tasaisessa maantieajossa ajoneuvon hyötysuhde on huonompi kuin normaaleissa polttomoottoriautossa. Ajoneuvon liikuttamiseen maantienopeuksissa kuluu enemmän energiaa generaattorin ja sähkömoottorin avulla, kun sitä kuluisi pelkällä polttomoottorilla. [7, s. 42; 8, s. 366.]

2.1.2 Rinnakkaishybridi

Rinnakkaishybridissä polttomoottori ja sähkömoottori toimivat samanaikaisesti yhdessä. Voima välitetään tiehen molemmilta moottoreilta yhteisen voimansiirron välityksellä, ja se on mahdollista tehdä joko pelkästään polttomoottorilla tai sähkömoottorilla tai sitten molemmilla samaan aikaan. Rinnakkaishybridin etu sarjahybridiin verrattuna on se, että maantieajossa voidaan käyttää pelkkää polttomoottoria ajoneuvon liikuttamiseen ja samalla sähkömoottori lataa korkeajänniteakustoa. Moottorit voidaan myös tällaisessa kokoonpanossa mitoittaa pienemmiksi kuin sarjahybridissä ja sähkömoottoreita tarvitaan vain yksi. Huono puoli rinnakkaishybridissä on se, että kun sähkömoottoreita on vain yksi, niin ajoneuvon korkeajänniteakustoa ei voida ladata, kun ajetaan pelkällä sähköllä, eikä lataus myöskään onnistu ajoneuvon ollessa paikallaan. [7, s. 43; 8, s. 367.]

2.1.3 Sarja-rinnakkaishybridi

Yhdistämällä molempien sarja- ja rinnakkaishybridien voimalinjojen ominaisuudet saadaan ns. sekahybridiksiin kutsuttu sarja-rinnakkaishybridi tai jaetun tehon hybridi. Tällaisessa hybridikokoonpanossa polttomoottorin voimalinja ja sähköinen voimalinja on yhdistetty toisiinsa planeettavaihteiston avulla, mikä mahdollistaa sen, että ajoneuvoa voidaan liikuttaa pelkästään polttomoottorilla ja sähkömoottorilla tai sitten molemmilla yhtä aikaa. Ajoneuvon polttomoottorilla on myös mahdollista ladata korkeajänniteakustoa paikallaan ollessa. Planeettavaihteisto on jaetun tehon hybridin yksi tärkeimmistä komponenteista, sillä sen avulla saadaan hyödynnettyä sekä poltto- että sähkömoottorin optimaaliset teho- ja vääntöalueet samanaikaisesti. Planeettavaihteiston lisäksi ajoneuvo ei kuitenkaan tarvitse toista vaihteistoa ajettaessa pelkästään polttomoottorin voimin. [7, s. 43; 8, s. 368.]

2.1.4 Plug-in-hybridi

Hybridiajoneuvoa, jonka korkeajänniteakustoa voidaan ladata sähköverkosta, kutsutaan pistokehybridiksi tai plug-in-hybridiksi, lyhyesti PHEV eli Plug-in Hybrid Electric Vehicle. Tällaisessa ajoneuvossa hybridivoimalinjan kokoonpano voi olla joko sarja-, rinnakkais- tai sekahybridi, mutta akustoa voidaan ladata, kun ajoneuvo ei ole käytössä. Korkeajänniteakusto on plug-in-hybridissä myös normaalisti kapasiteetiltaan isompi ja mahdollistaa näin isomman toimintasäteen ajettaessa pelkällä sähköllä. Ajoneuvon ajoakustoa on yleensä mahdollista ladata myös pikalatauksella, jonka ansiosta esimerkiksi pitkillä matkoilla ajoakusto voidaan ladata pysähdysten aikana nopeasti. Tämä tekee ajoneuvosta hyvin käytännöllisen verrattuna hybrideihin, joiden ajoakustoa voidaan ladata vain polttomoottorilla tai esimerkiksi jarrutusenergian talteenotolla. [7, s.43–44.]

2.1.5 Range extender

Range extender -ajoneuvon luokittelu hybridiajoneuvoksi on hieman moniselitteinen asia. Teknisesti range extender on kuin sarjahybridi mutta käytännössä kyse on plug-in-hybridistä, jossa on isompi akusto. Ajoneuvossa on polttomoottori, joka tuottaa sähköenergiaa ajoakustoon, ja ajoneuvoa liikutetaan pelkästään sähkömoottorin voimalla. Ajoneuvon polttomoottoria on tarkoitus käyttää vain poikkeustapauksissa, esimerkiksi silloin

kun tehon tarve on suurempi, tai pidemmillä ajomatkoilla toimintasäteen kasvattamiseksi, mistä juontuukin ajoneuvotyypin nimi. Koska hybridiajoneuvolla tarkoitetaan yleensä ajoneuvoa, jonka päävoimanlähteenä on polttomoottori, niin arkikielessä ja maallikon näkökulmasta range extender mielletään enemmän sähköajoneuvoksi. [7, s. 44.]

2.1.6 Hybridisointiaste

Sähkö- ja polttomoottorien yhteisen toiminnan ja hybridivoimalinjojen rakenteiden lisäksi hybridiajoneuvot voidaan luokitella myös niiden hybridisointiasteen mukaan. Ajoneuvot voidaan luokitella mikrohybrideihin, kevythybrideihin ja täyshybrideihin [8, s. 369]:

- Mikrohybridit ovat ajoneuvoja, jotka eivät kuitenkaan vielä ole varsinaisia hybridiajoneuvoja. Niissä polttomoottorin käynnistysmoottori ja laturi on korvattu yhdellä sähkölaitteella, joka hoitaa molempien tehtävät ja mahdollistaa ns. start-stop-ominaisuuden käytön ajoneuvossa. Pysähtyessään ajoneuvon polttomoottori sammuu, liikkeellelähdössä sähkölaite käynnistää polttomoottorin, ja moottorin käydessä sähkölaite toimii normaalin laturin tavoin.
- Kevythybridissä polttomoottorin yhteyteen liitetty sähkömoottori toimii mikrohybridin tapaan start-stop-tilanteissa mutta se voi myös hetkellisesti avustaa polttomoottoria liikkeellelähdössä ja kiihdytyksissä. Tämä järjestelmä mahdollistaa myös jarrutusenergian talteenoton ajoneuvon akun lataamiseksi. Kevythybridillä ei kuitenkaan ole mahdollista liikkua pelkällä sähköllä.
- Täyshybridi on ajoneuvo, joka voi liikkua joko pelkällä sähkömoottorilla tai polttomoottorilla ja riippuen voimalinjan rakenteesta myös molemmilla samanaikaisesti. Täyshybrideissä on oma ajoakusto sähköistä ajoa varten ja sähkömoottorit ovat teholtaan huomattavasti suurempia mitä edellä mainituissa luokissa. Esimerkiksi sarja- ja rinnakkaishybridit ovat molemmat luokituksestaan täyshybridejä.

2.2 Sähköajoneuvot

Täyssähköajoneuvo eroaa polttomoottori- ja hybridiajoneuvosta siten, että siinä ei ole ollenkaan polttomoottoria voimanlähteenä. Sähköajoneuvon voimanlähteenä toimii akusto, jota ladataan pistokelatauksella tai sitten esimerkiksi jarrutusenergian talteenotolla auton sähkömoottoreita hyväksi käyttäen. Sähköajoneuvon jännitteet korkeajännitejärjestelmässä ovat pitkälti samansuuruisia kuin hybridiajoneuvoissa, joten sähkötyöturvallisuuden sekä huolto- ja korjaustoimenpiteiden kannalta eroa hybridiin ei juuri ole. Sähköajoneuvot ovat tekniikaltaan kuitenkin yksinkertaisempia kuin hybridiajoneuvot, sillä voimansiirrossa ei ole tarvetta vaihteistoille tai kytkimille vaan sähköteho ohjataan ajoneuvoa liikuttaville napamoottoreille suoraan akustosta. Sähköajoneuvo on myös suorituskyvyltään tehokkaampi ratkaisu kuin hybridi, sillä kun kytkintä ja vaihteistoa ei ole, niin niistä ei koidu myöskään tehohäviöitä ja näin sähkömoottorin polttomoottoria parempi hyötysuhde on hyödynnettävissä. [7, s. 44, 54.]

2.3 Ajoakustot ja akunhallintajärjestelmä

Hybridi- ja sähköajoneuvot saavat voiman sähköiseen ajamiseen ajoneuvon ajoakustolta. Ajoneuvoissa on kuitenkin korkeajännitteisen ajoakuston lisäksi perinteinen 12- tai 24-volttinen akku, josta käyttölaitteet ja esimerkiksi korkeajänniteakuston akunhallintajärjestelmä saavat virtansa. Korkeajännitteisen ajoakuston sähköenergiaa käytetään sähkömoottorien lisäksi hybridi- tai sähköajoneuvosta riippuen myös ohjaustehostimen ja esimerkiksi ilmastoinnin kompressorin toimintaan. Ajoakuston käyttöjännite on yleisesti useita satoja voltteja, koska ajoneuvon liikuttamiseen tarvittavan sähkötehon saaminen ei olisi käytännöllistä muutaman kymmenen voltin suuruiselta akulta.

Ajoakuston käyttötilojen mukainen kuormituksen vaihtelu ja akuston latausjärjestelmä edellyttävät, että ajoneuvossa on oltava akunhallintajärjestelmä, joka tarkkailee korkeajännitteisen ajoakuston tilaa ja kuntoa. Akunhallintajärjestelmää ohjataan ajoneuvon käyttölaitteiden 12 tai 24 voltin akun avulla. Akunhallintajärjestelmän tarkoituksena on tarkkailla ajoakun kuntoa ja sen latausta sekä suojella ajoakustoa ja näin myös ulkopuolisia mahdollisissa vikatilanteissa. Akunhallintajärjestelmän avulla kontrolloidaan korkeajänniteakun kontaktoreita eli erotusreleitä, joiden avulla ajoakusto erotetaan ajoneuvon

järjestelmistä silloin, kun ajoneuvo ei ole käytössä ja mahdollisten vikojen tai onnettomuustilanteiden tapahtuessa.

Akunhallinnan kaksi olennaisinta suojajärjestelmää korkeajänniteajoneuvon parissa työskentelyn osalta ovat interlock-piiri ja eristysresistanssin valvonta. Interlock-piirin tehtävänä on katkaista ajoakuston kontaktorien ohjausvirta, jos ajoneuvon korkeajännitteisten osien suojauksia puretaan. Näin vältetään esimerkiksi mahdollisten asiattomien korjausyritysten yhteydessä sattuvat onnettomuudet. Eristysvastuksen valvontajärjestelmä taas mittaa ajoneuvon korkeajännitejärjestelmän ja korin välistä eristysresistanssia. Resistanssin laskiessa järjestelmä antaa vikailmoituksen, ja jos resistanssi laskee edelleen liian alhaiseksi, järjestelmä erottaa korkeajänniteakuston ajoneuvon järjestelmistä katkaisemalla kontaktorien ohjausvirran.

Ajoakustojen rakenne muodostuu useista matalajännitteisistä akkukennoista ja moduuleista, joita on kytketty sarjaan. Näistä sarjaan kytketyistä moduuleista muodostuu näin ajoakuston korkea jännite. Eri ajoneuvovalmistajilla on hyvin paljon erilaisia ratkaisuja korkeajänniteakustojen akkukemioiden, akkukennojen ja moduuleiden rakenteiden muodossa. [6, s. 12; 7, s. 44, 51.]

2.3.1 Invertteri

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen ajoakustoihin varastoitava energia on tasasähkön muodossa, kun taas sähkökoneet, jotka liikuttavat ja lataavat akustoa, ovat vaihtovirtalaitteita. Tästä syystä ajoneuvoihin tarvitaan inverttereitä. Invertteri on laite, jonka avulla akustoon varastoitava energia muutetaan tasajännitteeksi ja akustolta sähkölaitteisiin menevä virta muutetaan vaihtovirraksi. Riippuen sähköisen voimalinjan rakenteesta inverttereitä voi olla ajoneuvossa useampi kappale. [7, s. 47.]

3 Scanian hybridiajoneuvot

Scania on hiljattain laajentanut mallistoaan myös muiden ajoneuvovalmistajien tapaan hybridiajoneuvoilla. Raskaan kaluston alati tiukentuvat päästövaatimukset ja asiakkaiden hankinnoissa lisääntyvät toiveet paremmasta ajoneuvojen polttoainetaloudesta ja halusta vähentää käyttämänsä kaluston päästöjä ajavat ajoneuvovalmistajat kehittämään uusia taloudellisia kalustoratkaisuja erilaisiin maantiekuljetuksiin. Tässä luvussa tarkastellaan, millaisia korkeajännitetekniikkaa omaavia hybridiajoneuvoja kuorma-autovalmistaja Scanialla on.

3.1 Hybridikuorma-autot

Scanian hybridikuorma-automallisto koostuu kahdesta erilaisesta hybridivariaatiosta. Toinen on itselataava hybridi eli HEV ja toinen sähköverkosta ladattava pistokehybridi eli PHEV. Molempien variaatioiden hybridivoimalinjan rakenne on rinnakkaishybridi, joka on esitelty tarkemmin luvussa 2.1.2. Molempiin variaatioihin on valittavissa yhdeksänlitrainen EURO 6 -päästoluokan dieselmoottori joko 280, 320 tai 360 hevosvoimaisena. Kuorma-autojen dieselmoottorit toimivat perinteisen dieselpolttoaineen lisäksi myös uusiutuvalla dieselillä eli HVO:lla. Osa hybridimalliston polttomootoreista voidaan myös varustaa käyttämään polttoaineena FAME-biodieseliä. Näiden uusiutuvien polttoaineiden eroja ja ominaisuuksia kuvataan tarkemmin luvuissa 3.3 ja 3.4. Kaikki Scanian hybridikuorma-autot jakavat komponenteiltaan sekä toimintaperiaatteeltaan samanlaisen hybridivoimalinjan. [9]

Sähköenergia varastoidaan käyttöjännitteeltään 650 voltin litiumioniakustoon, joka on sijoitettuna ajoneuvon runkoon. Akuston yhteyteen on myös sijoitettu hybridivoimalinjan tehoelektronikka ja muut komponentit. Akuston energiakapasiteetti on noin 7,4 kWh mikä voisi olla enemmänkin akuston rakenteen ja käyttöjännitteen puolesta. Energiakapasiteetti on kuitenkin laskettu optimaaliseksi akuston mahdollisimman pitkän eliniän takaamiseksi. Sähkökone, jonka voimalla kuorma-auto liikkuu ja jonka avulla kerätään sähköenergiaa ajoakustoon, on integroitu vaihteiston yhteyteen polttomoottorin ja vaihteiston väliin. Sähkökone tuottaa 130 kilowatin eli noin 177 hevosvoiman tehon ja 1050 newtonmetrin väännön. Kuorma-auton ohjaustehostimen ja ilmastoinnin lisäksi myös jar-

rujen toiminnan kannalta elintärkeä paineilmajärjestelmä on liitetty osaksi korkeajännitteistä hybridijärjestelmää. Ajoneuvon paineilmakompressori toimii siis, vaikka polttomoottori olisi sammutettuna. Koko hybridivoimalinjan paino on noin 950 kilogrammaa. Nykyisen tieliikennelainsäädännön mukaan vaihtoehtoisten käyttövoimien tuoma lisäpaino on vähennettävissä tuhanteen kiloon asti ajoneuvon kokonaismassasta. Tämä tarkoittaa sitä, että hybridivoimalinja ei myöskään vaikuta ollenkaan ajoneuvon hyötykuormaan. [9; 10.]

3.2 Täyssähkö- ja hybridilinja-autot

Scanian hybridilinja-autot jakavat hyvin pitkälti samanlaisen hybridivoimalinjan kuorma-autojen kanssa. Polttomoottori on yhdeksänlitrainen ja teholuokka on 320 hevosvoimaa. Sama hybridivoimalinja on saatavissa useaan eri linja-automalliin. Scaniaalta on lisäksi tulossa kaupunkiliikenteeseen tarkoitettua Citywide-linja-automallista täyssähköversio. Täyssähkölinja-autosta on kolmea eri varianttia, jotka eroavat toisistaan enimmäkseen vain matkustaja- ja akkukapasiteetin osalta. Korkeajänniteakustot on sijoitettu ajoneuvon kattoon ja takaosaan. Ajoneuvon takaosasta löytyvät myös tehoelektronikan komponentit sekä osana korkeajännitejärjestelmää oleva ilmakompressori. Scanian hybridiajoneuvoista poiketen täyssähkölinja-auton ohjaustehostin saa voimansa ajoneuvon 24 voltin sähköjärjestelmästä, joka on sijoitettu ajoneuvon etuosaan. Tämä on turvallisuustekijänä siinä tilanteessa, jos korkeajännitejärjestelmään tulee yllättävä vika, niin ajoneuvo on helpompi ohjata ja pysäyttää turvallisesti. Tällä toisella sähköjärjestelmällä myös muiden täyssähköajoneuvojen tapaan käytetään ajoneuvon muita käyttölaitteita, ja siitä korkeajänniteakuston akunhallinta saa virtansa. Täyssähkölinja-autoa on mahdollista ladata sekä pistokkeesta että junista ja raitiovaunuista tutun saksivirroittimen avulla, joka on sijoitettuna ajoneuvon kattoon. [11; 12.]

3.3 HVO

Moni maallikko sekoittaa usein niin sanotun ensimmäisen sukupolven biodieselin eli FAME:n ja uusiutuvan dieselin keskenään. Tämä on ymmärrettävää, sillä joissakin lähteissä uusiutuvasta dieselistä eli HVO:sta käytetään nimitystä toisen sukupolven biodiesel. [13]

On siis hyvä hieman avata myös näiden kahden eri polttoainetyypin keskinäisiä eroja toisiinsa nähden.

Uusiutuva dieselpolttoaine eli HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) on käänöksensä mukaan vetykäsiteltyä kasviöljyä ja joissain tapauksissa eläinrasvajätettä. HVO vastaa ominaisuuksiltaan hyvin paljon perinteistä dieselpolttoainetta, mutta se on väritöntä ja hajutonta sekä sen valmistaminen ja käyttö on huomattavasti puhtaampaa. HVO sopii sellaisenaan käytettäväksi nykyaikaisissa dieselmootoreissa, mutta se palaa puhtaammin kuin perinteinen fossiilinen dieselpolttoaine ja vaikuttaa näin huomattavasti ajoneuvon päästöihin. Suomalaisille tuttujen energiayhtiöiden Nesteen MY ja Teboilin Green+ ovat molemmat uusiutuvia dieselpolttoaineita, jotka on tuotettu täysin jätteistä tai uusiutuvista raaka-aineista. [14, s. 19–20; 15.]

3.4 FAME

Perinteisempää ensimmäisen sukupolven biodieseliä kutsutaan FAMEksi (Fatty Acid Methyl Ester). Biodieselin valmistuksessa kasvi- ja eläinrasvoja esteröidään alkoholilla ja FAMEn tapauksessa metanolilla. FAME eroaa HVO:sta ja fossiilisesta dieselpolttoaineesta ominaisuuksiltaan, eikä se sovellu käytettäväksi sellaisenaan normaaleissa dieselmootoreissa. FAMEa on kuitenkin sekoitettu pieni määrä perinteisen dieselpolttoaineen joukkoon vähentämään kasvihuonepäästöjä, mutta jotta sitä voisi käyttää sellaisenaan, on ajoneuvojen polttomootoreihin tehtävä muutoksia. FAME ei esimerkiksi sovellu kaikille tiivisteille, joita moottorissa ja polttoainejärjestelmässä on. Tästä syystä esimerkiksi Scaniaan dieselmootorit on mahdollista varustaa niin sanotulla FAME-valmiudella. [14, s. 18–19; 16.]

FAMEn ongelmana ovat sen HVO:ta ja fossiilista dieseliä huonommat kylmäominaisuudet ja säilöntä. FAMEn sekaan on mahdollista tiivistyä kosteutta veden muodossa, ja tämä voi saada aikaan erilaisia bakteerikasvustoja polttoainejärjestelmään, jos ajoneuvo on esimerkiksi pitkään käyttämättömänä. FAMEa käyttämällä moottorista ei myöskään saada niin suurta maksimitehoa kuin HVO:lla ja fossiilisella dieselpolttoaineella, mikä luonnollisesti lisää hieman polttoaineenkulutusta. [14, s. 18-19.]

4 Juridiset näkökohdat

Tässä luvussa kuvataan direktiivien ja lainsäädännön mukaisten asetusten vaikutuksia sähkötöihin ajoneuvojen osalta sekä sähkötyöturvallisuutta. On myös tärkeää kertoa sähkön vaikutuksista ihmiskehoon, mikä auttaa ymmärtämään riittävien työturvallisuustekijöiden tärkeyden.

4.1 Sähkötyöturvallisuus

Uusi sähköturvallisuuslaki [17] astui voimaan 1.1.2017, ja se muutti hieman sähkö- ja hybridiajoneuvoja korjaavan korjaamon toiminnan edellytyksiä. Lisäksi sähkötyöturvallisuusstandardiin SFS 6002 [18] on saatu vuonna 2015 täydennyksiä ajoneuvoalan osalta [19, s. 7]. Autoalalle ei ole olemassa omaa lainsäädäntöä sähkötyöturvallisuudesta, joten on sovellettava yleistä lainsäädäntöä, mikä painottuu vielä kuitenkin suurimmaksi osaksi yleisiin sähkötöihin esimerkiksi kiinteistöissä ja teollisuudessa [19, s. 3]. SFS 6002 standardin liite U, joka käsittelee erityisesti sähköajoneuvoja koskevia vaatimuksia, löytyy kokonaisuudessaan tämän työn liitteestä 1.

4.1.1 Korjaamon toiminnan edellytyksiä

Vanhan sähköturvallisuuslain mukaan ennen korkeajännitteisen ajoneuvon sähkötöiden ja korjaustoiminnan aloittamista yrityksen oli tehtävä urakointi-ilmoitus Suomen turvallisuus ja kemikaalivirastolle Tukesille. Ilmoituksessa oli myös oltava nimitettynä sähkötöiden johtaja ja todistukset siitä, että nimitetty henkilö on tarpeeksi pätevä tehtävään. Nämä vaatimukset kuitenkin poistuivat uuden sähköturvallisuuslain [17] myötä. Uuden sähköturvallisuuslain myötä myöskään aiemmin vaadittua sähköturvallisuustutkinto 3:a ei korkeajänniteajoneuvon korjaustoiminnassa henkilökunnalta vaadita. Riittää, että sähkötöitä tekevä on suorittanut SFS 6002 -standardin mukaisen sähkötyöturvallisuuskoulutuksen ja tekijä on tarpeeksi hyvin perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään esimerkiksi ajoneuvovalmistajan omalla koulutuksella. Ajoneuvovalmistaja voi myös edellyttää, että merkkikorjaamoilla työskentelevillä mekaanikoilla ja töiden suorituksesta vastaavalla henkilöllä on oltava asianmukainen ensiapukoulutus tapaturmatilanteiden varalta. [20; 21; 19, s. 12.]

4.1.2 Korkeajännitejärjestelmän saattaminen jännitteettömäksi

Riippuen ajoneuvosta ja valmistajan korjausohjeista korkeajännitejärjestelmän saattamista jännitteettömäksi ei välttämättä vaadita yleisten huolto- ja korjaustöiden suorittamiseksi. Sen sijaan korkeajänniteajoneuvon sähköjärjestelmiin tehtävien huoltojen ja korjausten turvallinen suorittaminen vaatii järjestelmien saattamisen jännitteettömäksi. Sähkötyöturvallisuusstandardissa on määritelty viisi turvallisuussääntöä, joiden avulla työkohte tehdään ja pidetään jännitteettömänä. Näistä säännöistä sovelletaan ajoneuvojen kanssa kolmea ensimmäistä:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen.

Kaikkien näiden vaiheiden suorittaminen on tehtävä ajoneuvovalmistajan korjausohjeiden mukaisesti, ja työn saa suorittaa vain siihen koulutuksiltaan pätevä ja ajoneuvomallin sähköjärjestelmät tunteva korkeajännitemekaanikko. [18, s. 23.]

Täydellisellä erottamisella tarkoitetaan korkeajänniteajoneuvossa käytännössä ajoakuston ja useimmissa tapauksissa myös käyttölaitteiden 12 tai 24 voltin akun erottamista ajoneuvon sähköjärjestelmistä. Useissa korkeajänniteajoneuvoissa ajoakuston kontaktorien ohjaus tapahtuu ajoneuvon 12 tai 24 voltin akun avulla, joten turvallinen työskentely korkeajännitejärjestelmän parissa voi vaatia myös tämän akun erottamisen ajoneuvosta. Jokaisen korkeajänniteajoneuvon ajoakustosta löytyvän huoltoerottimen tai -katkaisimen avulla saadaan ajoakusto erotettua muusta ajoneuvosta. Lisäksi ajoneuvosta ja korjausohjeesta riippuen on mahdollisesti myös kytkettävä irti sulakkeet ja erotettava esimerkiksi interlock-piirin pistoke. [4, s. 12; 18, s. 23.]

Täydellisen erottamisen jälkeen on varmistettava, että ajoneuvon sähköjärjestelmä ja työkohte pysyy jännitteettömänä. Jännitteen kytkemisen estämiseksi huoltoerotin lukitaan ja säilytetään paikkaan, johon asiaan kuulumattomat henkilöt eivät voi päästä käsiksi ja näin voi kytkeä akustoa ajoneuvoon takaisin. Tapauksessa, jossa ajoneuvon korkeajännitejärjestelmä on tehty jännitteettömäksi kytkimellä tai katkaisimella, on katkaisin

lukittava esimerkiksi erillisellä lukolla, jotta uudelleenkytkentä ei ole mahdollista. Uudelleenkytkennän kieltäminen on myös ilmaistava asianmukaisilla kilvillä. Esimerkit tällaisista varoitusmerkeistä löytyvät SFS 6002 -standardin liitteestä V, joka löytyy tämän työn liitteestä 2. [18, s. 23.]

Korkeajännitejärjestelmän jännitteettömyyden toteaminen on viimeinen ja tärkein vaihe ennen varsinaisen sähkötyön aloittamista. Jännitteettömyyden toteaminen on ensisijaisen tärkeää niiden komponenttien ja osien kohdalta, jotka ovat tulevan sähkötyön kohteena. Jännitteettömyyden toteaminen tehdään ajoneuvovalmistajan ohjeiden mukaisesti. Laitteiston, jolla jännitteettömyys todetaan, on myös oltava ajoneuvovalmistajan korjausohjeessa määritelty. Tilanteessa, jossa sähkötyö joudutaan keskeyttämään ja työkohde joudutaan jättämään valvomatta, on jännitteettömyys todettava uudestaan ennen töiden jatkamista. [4, s. 13; 18, s. 24.]

4.1.3 Sähkön vaarat ja vaikutukset

Sähkö on vaarallista ihmiskehelle monella eri tapaa ja sähköiskun vaikutukset riippuvat ennen kaikkea siitä, miten voimakkaasta sähkövirrasta on kyse ja kauanko saatu sähköisku kestää. Ihmiskehon toiminta perustuu pitkälti pienten sähköimpulssien liikkumiseen hermostossa ja riittävän suuri sähkövirta voi sotkea hermoston toimintaa. Voimakas sähköisku voi esimerkiksi lamaannuttaa hengityksen ja aiheuttaa lihaskouristuksia. Riittävän suuri sähköisku voi sotkea sydämen rytmiä ja aiheuttaa kammiovärinää ja jopa pysäyttää sydämen. Lihaskouristuksen takia henkilö ei myöskään mahdollisesti pysty itse päästämään otettaan kohteesta, josta saa sähköiskun. Sähkövirran ollessa riittävän suuri sen lämpövaikutus voi myös aiheuttaa palovammoja kosketuskohdan lisäksi kehon sisälle.

Sähkön vaikutuksien moninaisuutta lisää useiden eri ulkoisten ja yksilöllisten tekijöiden lisäksi se, onko kyse tasavirrasta vai vaihtovirrasta. Tasavirran vaikutuksen voidaan josain määrin katsoa olevan lievempi, sillä tasavirtasähköiskun lähteestä on helpompaa irrottautua. Vaihtovirralla on myös huomattavasti suuremmat vaikutukset sydämen toimintaan kuin tasavirralla. Tasavirta voi sen sijaan aiheuttaa esimerkiksi haitallisia kemiallisia reaktioita ihmiskehon sisällä.

Kaikkiaan sähkön vaarat ovat monenlaiset ja vaikuttavia tekijöitä on monia. On vaikeaa sanoa yksiselitteisesti, millainen sähköisku on kohtalokas ja millainen ei. Pienikin sähköisku voi aiheuttaa ison tapaturman, jos iskun saaja esimerkiksi säikähtää ja kompastuu tai putoaa jostain. Tämän takia sähkötyöturvallisuus on aina otettava tarkasti huomioon, vaikka työskenneltäisiinkin pienempien jännitteiden ja virtojen kanssa. [7, s. 57–59.]

5 Toiminta korjaamolla

Tässä luvussa tarkastellaan käytännön asioita, jotka näkyvät korjaamolla jokapäiväisessä toiminnassa, kun työskennellään korkeajänniteajoneuvojen parissa. Luvussa paneudutaan Scania Suomi Oy:n Helsingin-korjaamon toimintaan ja kuvataan yleisesti millaisia vaatimuksia ja toimenpiteitä korkeajänniteajoneuvo asettaa korjaamon toiminnalle mm. mekaanikkojen, työkalujen ja korjaamon tilojen osalta. Lisäksi selvitetään, millaisia koulutuksia sähkötöitä tekevillä mekaniikoilla on. Luvun lopussa pohditaan myös, mitä mahdollisia tulevia haasteita ja ongelmia lisääntyvät hybridi- ja sähköajoneuvot voivat aiheuttaa korjaamolle.

5.1 Mekaanikkojen koulutukset

Luvussa 4.1. mainitun SFS 6002 -standardin mukaisen sähkötyöturvallisuuskoulutuksen lisäksi ajoneuvovalmistajalla on lähes poikkeuksetta omia koulutuksia ajoneuvojen sähköjärjestelmistä ja työturvallisuudesta, jotka on oltava suoritettuna ennen kuin voi työskennellä korjaamolla. Scanialla on useampi eri koulutus merkkikorjaamoiden mekaniikoille.

Konalan korjaamolla kaikki mekaanikot suorittavat Scanian omat sähkökoulutukset, jotka tunnetaan Scanian organisaatiossa nimillä Sähkö 1 ja Sähkö 2. Sähkö 1 -kurssi on niin sanottu perustason sähkökurssi. Koulutuksessa käsitellään sähkötekniikan peruskäsitteet ja termistö. Lisäksi kurssilla käsitellään sähköjärjestelmien peruskomponentteja ja niiden mittauksia yleismittarilla. Kurssin sisältöön kuuluu myös sähköturvallisuus ja sähkön riskit ja vaikutukset ihmiskehoon. Sähkö 2 -kurssi on syventävä kurssi, joka painottuu enemmän ajoneuvojen sähköjärjestelmiin. Tärkeimpiä käsiteltäviä aiheita ovat mm. sähköjärjestelmien komponentit, väylätekniikka ja erilaiset ohjainyksiköt.

Sähkö 1- ja Sähkö 2 -kurssien lisäksi mekaanikot, jotka työskentelevät korkeajänniteajoneuvojen parissa, käyvät vielä Scanian oman Hybrid-sähkökurssin, joka käsittelee pelkästään hybridi- ja sähköajoneuvoja sekä korkeajännitetyöskentelyä. Kurssin pääpaino on sähkötyöturvallisuudessa sekä hybridijärjestelmän komponenteissa. Kurssilla käydään läpi työskentelyä tiettyjen korkeajännitejärjestelmän komponenttien kanssa ja lisäksi tarvittavien mittauksien suorittamista. [22]

5.2 Työkalut, suojavarusteet ja korjaamon tilat

Sen lisäksi että mekaanikkojen on henkilökohtaisessa suojautumisessa huolehdittava, että ei korkeajännitetöissä pidä yllään mitään metallisia esineitä kuten sormuksia, kelloja tai koruja yms., on korjaamolla oltava riittävät suojavarusteet korkeajännitejärjestelmien sähkötöitä varten. Työkalujen on oltava ylijänniteluokiteltuja ja täytettävä niille asetettujen standardien vaatimukset. Esimerkiksi SFS EN 60900 -standardi määrittää tarkemmin vaatimukset korkeajännitetöissä käytettäville käsityökaluille. Lisäksi mekaniikoilla on oltava jännitetyökäsineet, eristävät ja suojaavat kengät tai saappaat, silmien tai kasvojen suojaimet sekä suojavaatteet. Ajoneuvovalmistajalla voi olla myös omia vaatimuksia työkalujen ja suojavarusteiden osalta ja näitä vaatimuksia on noudatettava. Työkalujen ja suojavarusteiden käyttökunnosta on huolehdittava ja niitä on käytettävä oikein. Ennen työkalujen ja suojavarusteiden käyttöä on silmämääräisesti tarkistettava, että ne ovat kunnossa ja niiden kuntoa on ylläpidettävä oikeaoppisella huollolla ja säilytyksellä. [6, s. 28; 19, s. 17–18, 30.]

Korjaamon tilat, jotka on tarkoitettu korkeajänniteajoneuvojen korjaus- ja huoltotöihin, on merkittävä selkeästi. Scanian Konalan-korjaamolla on tällä hetkellä kaksi erillistä paikkaa korjaamohallissa, jotka on varattu työskentelyyn korkeajänniteajoneuvon kanssa (kuva 1). Molemmista paikoista löytyvät selvästi merkityt paikat, joihin korkeajänniteajoneuvo on valmistajan ohjeen mukaisesti maadoitettava (kuva 2). Erillisestä kaapista löytyvät ylijänniteluokitellut työkalut ja korkeajänniteajoneuvojen testauslaitteisto. Jännitetyöalue on myös rajattava erilliseksi alueeksi muusta lähialueesta. Korkeajänniteajoneuvo on myös merkittävä asianmukaisesti, kun sen korkeajännitejärjestelmän kanssa tehdään sähkötöitä [18, s. 16; 23.]



Kuva 1. Korkeajänniteajoneuvolle varattu paikka korjaamohallissa.



Kuva 2. Korkeajänniteajoneuvon maadoituspaikka korjaamohallissa.

5.3 Haasteet korjaamon toiminnassa

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia haasteita ja mahdollisia ongelmia, joita korjaamon toiminnassa saattaa tulla ilmi lähitulevaisuudessa, kun raskaiden ajoneuvojen sähköistäminen yleistyy. Luvussa pohditut asiat perustuvat pitkälti Scanian Konalan-korjaamon asiakaspalvelupäällikkö Jukka Salonrannan kanssa käytyihin keskusteluihin korjaamovierailulla 6.5.2020.

Tässä vaiheessa aktiivisessa ammattikäytössä olevia hybridikuorma-autoja, joita Konalan korjaamolla pääasiassa huolletaan ja korjataan, on vielä vähän. Ajoneuvojen vähäisen määrän takia varsinaisia käytännön ongelmatilanteita, joita olisi tarvinnut pohtia, ei ole vielä juuri ollut. Linja-autojen puolella korkeajännitetekniikkaa alkaa esiintymään kuitenkin koko ajan yhä enemmän ja hyvin lyhyellä aikavälillä. Tällä hetkellä tärkeimpiä pohdintoja ovat vielä, kuka saa tehdä ja mitä saa tehdä. Kuorma-autoissa on nykypäivänä hyvin paljon erilaista tekniikkaa, joka ei välttämättä kuitenkaan liity korkeajännitteeseen suoraan. Korjaukset ja asennukset voivat kuitenkin olla sellaisia, että niiden suorittamiseksi on myös ajoneuvon korkeajännitejärjestelmälle tehtävä toimenpiteitä. Tämä vaatii joka kerta asianmukaisen mekaanikon vähintään tekemään ajoneuvon jännitteettömäksi. Työtehtävää, joka ei välttämättä vaadi useampaa mekaanikkoa, ei ole järkevää suorittaa usean mekaanikon voimin. Tämän takia on todennäköistä, että korkeajänniteajoneuvojen lisääntyessä on korjaamolla koulutettava yhä useampi mekaanikko ja myös työnjohtajia, jotka saavat työskennellä kyseisten ajoneuvojen parissa.

Samat vaatimukset koskevat myös korjaamon ulkopuolelta tulevia asentajia ja mekaanikkoja. Kuorma-autot ovat harvemmin valmiita ajoneuvoja tullessaan tehtaalta, olivat ne sitten korkeajänniteajoneuvoja tai eivät. Tehtaalta tullut ajoneuvo menee tämän jälkeen jollekin korjaamolle tai päällirakentajalle varusteltavaksi. Joissakin tapauksissa ajoneuvoja saatetaan muuttaa samalla, kun se käy merkkikorjaamolla, jolloin muutokset varusteluun tai päällirakenteisiin tehdään korjaamolla, mutta mahdollisesti ulkopuolisen yrityksen asentamana. Päällirakenteet asennetaan kuorma-auton rungon päälle ja ympärille. Rungossa sijaitsevaan hybridi- tai sähköajoneuvon korkeajännitevoimalinjaan on siis mahdollisesti joissakin tilanteissa kajottava, jotta tarvittavat päällirakenteet ja varusteet saadaan ajoneuvoon asennettua oikeaoppisesti. Lisäksi nykyisten lisävarusteiden ohjaukset perustuvat hyvin paljon sähköiseen ohjaukseen, joten on myös mahdollista, että

ajoneuvon sähköjärjestelmiin on tehtävä muutoksia. Nämä työt on siis jatkossa suoritettava mekaanikon, jolla on asianmukaiset sähkötyöluvat ja lisäksi vielä mahdollinen valmistajan edellyttämä koulutus asennuksia varten.

Yksi tuleva haaste, joka keskusteluissa nousi esiin, oli myös korjaamon tilat. Sähköisten ajoneuvojen määrä tulee lisääntymään tulevaisuudessa, ja se voi tapahtua hyvinkin nopeasti. Tähän valmistautuminen alkaa täten olemaan hyvinkin ajankohtainen asia korjaamolle. Korjaamohalliin on siis tehtävä lisää paikkoja korkeajänniteajoneuvojen korjauksia varten. Ajoneuvoille on rakennettava lisää maadoituspaikkoja ja asianmukaisia työkaluja ja testauslaitteistoa on hankittava lisää. Ajoneuvoille on myös todennäköisesti rakennettava latauspaikkoja korjaamohalliin, varsinkin jos täyssähköajoneuvoja tulee liikkumaan korjaamolla tulevaisuudessa yhä enemmän.

Voidaan siis sanoa, että alati lisääntyvä ajoneuvojen sähköistyminen myös raskaan kaluston puolella tulee lisäämään haasteita korjaamoille. Ongelma ei myöskään kosketa pelkkiä merkkikorjaamoja vaan myös monimerkkikorjaamoja, päällirakentajia sekä mahdollisia kuljetusyritysten ja organisaatioiden omia korjaamoja. Henkilökunnan koulutusten on oltava kunnossa, ja työturvallisuudesta huolehtiminen ja sen valvominen on ensisijaisen tärkeää työtaturmien välttämiseksi. Myös työkalujen ja korjaamon laitteiston pitää olla valmistajan hyväksymiä ja yhteensopivia ajoneuvon laitteistojen kanssa. Tulevaisuudessa kuljetusyritysten omien korjaamojen ja monimerkkikorjaamojen on tehtävä valinta, ovatko korkeajänniteajoneuvojen aiheuttamat investoinnit kannattavia vai kääntäenkö tällaisen ajoneuvon kanssa merkkikorjaamon puoleen.

6 Yhteenveto

Tässä työssä oli tarkoituksena luoda selkeä kuvaus, millaisia korkeajänniteajoneuvoja tieliikenteessä nykyään on ja millaista tekniikkaa ne pitävät sisällään. Työn tarkoitus on myös kertoa, millaisia asioita on otettava huomioon ja mihin määräyksiin ja asetuksiin on perehdyttävä, kun työskennellään korkeajänniteajoneuvojen parissa.

Ajoneuvojen sähköistyminen vaatii monelta vielä mahdollisesti asennoitumista, sillä työskenneltäessä korkeajänniteajoneuvon parissa joutuu ottamaan enemmän asioita huomioon. Sähköajoneuvon tekniikka on kuitenkin monella tapaa yksinkertaisempaa mitä polttomoottoriajoneuvon.

Suurimmat haasteet korkeajänniteajoneuvojen parissa työskentelyssä ovat todella monet säädökset ja vaatimukset, joita on noudatettava korjaamon toiminnan edellyttämiseksi. Keskusteluissa asiakaspalvelupäällikkö Jukka Salonrannan kanssa tuli myös ilmi, että kun säädöksiä on paljon ja tekniikka on vielä melko uutta niin itse selvittäminen, että kuka saa tehdä ja mitä, on aluksi tuottanut päänvaivaa. Itse työskenteleminen korkeajänniteajoneuvon kanssa ei ole maailmaa mullistavaa, kunhan muistaa olla varovainen ja huolellinen ja tietää mitä tekee. Osa säädöksistä myöskään ei vielä ota autoalaa niin hyvin huomioon mitä pitäisi, mutta kehitystä on onneksi jo tapahtunut ja toivon mukaan tapahtuu myös tulevaisuudessa. Autokorjaamoiden kannalta näitä säädöksiä ja asetuksia olisi hyvä selkeyttää ja yksilöidä vielä enemmän koskemaan autoalaa, mikä auttaisi myös toimintaansa aloittavia korjaamoja valmistautumaan ajoneuvojen koko ajan lisääntyvään sähköistymiseen. Ajoneuvovalmistajilla on onneksi hyvin kattavat koulutukset ja selkeät korjausohjeet, mitkä auttavat etenkin merkkikorjaamoiden toimintaa hyvin paljon.

Työskentelyssä korkeajänniteajoneuvojen parissa etenkin työturvallisuuteen on syytä kiinnittää huomiota ja huolehdittava siitä, että korjaamon henkilökunnalla ja varsinkin korkeajänniteajoneuvoja korjaavilla mekaniikoilla on asianmukaiset koulutukset suoritettuna. Lisäksi korjaamon jokapäiväisen toiminnan kannalta on huolehdittava, että työskentelytilat ovat siistit ja turvalliset sekä mekaniikoilla on vaatimusten mukaiset suojavausteet ja työkalut käytössään.

Korjaamon tai esimerkiksi samassa yhteydessä toimivan autokaupan toiminnan kannalta olisi myös hyvä, jos muutakin henkilökuntaa perehdytettäisiin hieman korkeajänniteajoneuvoihin ja niiden aiheuttamiin erityishuomioihin.

Tämän opinnäytetyön tekemisessä haasteiksi muodostui myös isossa määrin erilaisten vaatimusten ja asetusten määrä ja tulkitseminen. Myös kaikkiin mahdollisiin materiaaleihin ei päässyt käsiksi. Tästä syystä tärkeimpinä on kuitenkin nostettu esiin uusittu Sähköturvallisuuslaki sekä SFS 6002 -standardi. Näiden sisältämiä korjaamon toiminnan kannalta tärkeimpiä asioita on selvitetty ja pohdittu, miten ne vaikuttavat korjaamon jatkapäiväiseen toimintaan. Toivon kuitenkin tämän työn avaavan vähän silmiä, että myös raskaan kaluston puolella ajoneuvojen sähköistyminen on koko ajan lisääntymään päin ja se aiheuttaa omat haasteensa ja vaatimuksensa korjaamoiden toiminnalle.

Lähteet

- 1 Ensirekisteröityjen kuorma-autojen käyttövoimatilastot. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kayttovoimat/kuorma-autojen_kayttovoimatilastot>. 8.1.2020. Luettu 20.4.2020.
- 2 Ensirekisteröityjen linja-autojen käyttövoimatilastot. 2020. Autoalan tiedotuskeskus. Verkkoaineisto. <http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kayttovoimat/linja-autojen_kayttovoimatilastot>. 8.1.2020. Luettu 20.4.2020.
- 3 Henkilöautojen käyttövoimatilastot. 2020. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <http://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/kayttovoimat/henkilöautojen_kayttovoimatilastot>. 7.4.2020. Luettu 20.4.2020.
- 4 Dreyer, Joachim; Först, Albert; Pechoc, Wolfgang; Seifert, Thomas & Stieper, Réne. 2012. Training for work on vehicles with high voltage systems. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
- 5 Kotimaan tavaraliikenne. Verkkoaineisto. Liikennejärjestelmä.fi. <<http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/liikennetyypit/kotimaan-tavaraliikenne/>>. 22.10.2019. Luettu 20.4.2020.
- 6 Tapaninaho, Petri. 2013. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen eristysvastusmittaukset, sähkötyöturvallisuus sekä Bosch FSA 050 -mittalaite. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 7 Linja-aho, Vesa. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- 8 Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics, Systems and Components, Networking and Hybrid Drive. 5th Edition. 2007. Plochingen: Robert Bosch GmbH.
- 9 Sähkö – hiljaiset hybridit ja pistokehybridit. Verkkoaineisto. Scania Suomi. <<https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehdotiset-polttoaineet/hybridit.html>>. Luettu 6.5.2020.
- 10 HEV and PHEV Product news. 2017. Valmistajan sisäinen koulutusmateriaali. Scania Suomi Oy.
- 11 Kaupunkien liikenteeseen. Verkkoaineisto. Scania Suomi. <<https://www.scania.com/fi/fi/home/products-and-services/buses-and-coaches/our-range/scania-citywide.html>>. Luettu 7.5.2020.

- 12 Novali MI e-mobility. Valmistajan sisäinen koulutusmateriaali. Scania Suomi Oy.
- 13 Uusiutuva diesel – helppokäyttöinen ja hyvätehoinen. Verkkoaineisto. Scania Suomi. <<https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet/HVO.html>>. Luettu 7.5.2020.
- 14 Blasnialis, Aaron. 2018. Vaihtoehtoiset dieselpolttoaineet. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 Neste MY uusiutuva diesel™ – suorituskykyinen ja vähähiilinen biopolttoaine. Verkkoaineisto. Neste. <<https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel>>. Luettu 7.5.2020.
- 16 Biodiesel – vähähiilinen vaihtoehto. Verkkoaineisto. Scania Suomi. <<https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet/Biodiesel-FAME.html>>. Luettu 7.5.2020.
- 17 Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/16.12.2016.
- 18 SFS 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015 + A1:2018. 2018. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto.
- 19 Tuovinen, Mika, 2019. Työturvallisuus sähköauton huollossa. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki.
- 20 Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaamiseen liittyvät tärkeimmät muutokset. Verkkoaineisto. Autoalan keskusliitto. <http://www.akl.fi/akl-sertifiointi_oy/sahkotyoturvallisuus_sfs6002_ja_tyosuorituksesta_vastaava_henkilo/sahko-ja_hybridiajoneuvojen_korjaamiseen_liittyvat_muutokset>. Luettu 8.5.2020
- 21 Sähkötyöturvallisuus SFS6002 ja työsuorituksesta vastaava henkilö. Verkkoaineisto. Autoalan keskusliitto. <http://www.akl.fi/akl-sertifiointi_oy/sahkotyoturvallisuus_sfs6002_ja_tyosuorituksesta_vastaava_henkilo>. Luettu 8.5.2020.
- 22 Anttalainen, Eetu. Tekninen päällikkö, Scania Suomi Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 11.5.2020.
- 23 Salonranta, Jukka. Asiakaspalvelupäällikkö, Scania Suomi Oy, Helsinki. Keskustelu 6.5.2020.

Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 liite U

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFS

SFS 6002:2015 + A1:2018
46



Liite U (kansallinen opastava) Sähköajoneuvoja koskevat vaatimukset

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). 

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 ensiapuohjetaululla. 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 sähkön vaaroihin ja toimintaan onnettomuustilanteessa.

 Ajoakuston jännitetöihin sovelletaan [kohdan Y.7](#) vaatimuksia jänniterajoista riippumatta. 

Tämä julkaisu on ladattu SFS Online-palvelusta (sop. nro) 24.10.2018.
Lataaja: IP-ajaja. Vain Metropolia Ammattikorkeakoulu käyttää.

Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 liite V

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFS

SFS 6002:2015 + A1:2018
47

Liite V (kansallinen opastava) Esimerkkejä kiello- ja varoituskilvistä

Sähkötyöturvallisuuteen liittyvät kilvet perustuvat vaatimuksille, jotka on annettu standardissa SFS-EN ISO 7010:2015 Kuvatunnukset ja piirrosmerkit. Turvallisuusvärit ja turvallisuusmerkit. Rekisteröidyt turvallisuusmerkit. Kiello- ja varoituserkkejä voidaan täydentää selventävällä tekstillä esim. [kuvien V.3–V.5](#) mukaisesti. Pelkkiä merkkejä voidaan käyttää, jos merkkiä täydentää ohjekirja, ohjeet tai koulutus.

Kilvissä käytettävien tekstien on oltava työpaikalla käytettävän kielen mukainen. Suomessa käytettävissä kilvissä on käyttöpaikasta riippuen oltava suomenkielinen ja/tai ruotsinkielinen teksti. Jos työpaikalla on henkilöitä, jotka eivät ymmärrä suomea tai ruotsia, suositellaan myös englanninkielisten kilpien käyttöä.

Vanhon käytäntöjen mukaisia kiello- ja varoituskilpiä voidaan edelleen käyttää, ellei niistä aiheudu väärinkäsityksen vaaraa.

Alla esitetään esimerkkejä yleisimmin käytetyistä kiello- ja varoituskilvistä. Eri tilanteissa esim. sähkölaitteiston käyttöönoton tai erilaisten syöttötilanteiden aikana on tarpeellista käyttää myös muunlaisia merkintöjä ja kilpiä. Muut kilvet eivät saa olla perusvaatimuksiin verrattuna harhaanjohtavia.



Kuva V.1 Varoituserkki: Vaarallinen jännite (ISO 7010-W012)



Kuva V.2 Kieltoerkki: Kytkimen asennon muuttaminen kielletty (ISO 7010-P031)