



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Antti Putkonen

# Sähköajoneuvojen huollon ja korjauksen vaatimukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

27.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Putkonen Sähköajoneuvojen huollon ja korjauksen vaatimukset 15 sivua + 2 liitettä 27.11.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Autosähkötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Linja-aho Lehtori Pasi Kovanen Huoltopäällikkö Vesa Tuutti, Metroauto Oy
<p>Tämän insinööryön aiheena on sähköajoneuvojen huollon ja korjauksen vaatimukset. Työ tehtiin MetroAuto Oy:n Herttoniemen toimipisteelle.</p> <p>Työn tavoitteena oli koota ja kertoa selkeästi lakien, asetusten, standardien ja ajoneuvojen valmistajien asettamat vaatimukset sähköajoneuvojen huollolle ja korjaukselle. Työ auttaa ymmärtämään, mitä kaikkea vaaditaan ja mihin tulee kiinnittää huomiota.</p> <p>Työssä keskityttiin erityisesti työturvallisuuteen vaikuttaviin seikkoihin kuten koulutusvaatimuksiin. Vaikka laki antaakin melko väljät vaatimukset työntekijän koulutukselle ja osaamiselle, standardit ja ajoneuvovalmistajien ohjeet täydentävät niitä.</p> <p>Tietoa kerättiin lakiteksteistä, standardeista, internetissä julkaistuista artikkeleista ja tutkimuksista sekä MetroAutolta saadusta Renault Zoen huolto ohjeesta.</p> <p>Sähköajoneuvojen huollolle ja korjaukselle on asetettu vaatimuksia ajoneuvojen akustoissa ja moottoreissa käytettyjen suuren jännitteiden ja virtojen takia. On haluttu varmistaa, että sähköajoneuvojen kanssa työskentelevillä on riittävä koulutus. Näin saadaan parannettua huollon ja korjauksen aikaista työturvallisuutta sekä ajoneuvon käytön turvallisuutta.</p>	
Avainsanat	sähköajoneuvo, SFS 6002, sähköturvallisuuslaki

Author Title	Antti Putkonen Requirements for the Maintenance and Repair of Electric Vehicles
Number of Pages Date	15 pages + 2 appendices 27 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Electronics Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Pasi Kovanen, Senior Lecturer Vesa Tuutti, Manager of Vehicle Services, Metroauto Oy
<p>This Bachelor's thesis deals with the requirements for the maintenance and repair of electric vehicles.</p> <p>The way the law is written is often not easy to read and clear. The objective of this thesis was to compile and clearly state the requirements set by laws, regulations, standards and vehicle manufacturers for the maintenance and the repair of electric vehicles. This makes it easier for the reader to understand what is required and what needs to be addressed.</p> <p>This thesis focused mainly on issues that affect occupational safety, such as training requirements. Even though the law determines rather loose requirements for employee training and competence, they are supplemented by standards and vehicle manufacturers' instructions.</p> <p>Electrical safety law, electrical work safety standard, articles and studies published on the Internet, and the Renault Zoe maintenance manual received from MetroAuto were used as source material for this Bachelor's thesis.</p> <p>Electric vehicles use high voltages and currents to operate, and therefore, performing maintenance and repairs includes risks. In attempt to lower these risks law and standards set requirements for the training of persons who perform the maintenance and repairs. This improves safety during maintenance and repair, as well as safety when operating an electric vehicle.</p>	
Keywords	Electric vehicle, SFS 6002, electrical safety

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähköturvallisuuslain ja standardien tarpeellisuus	1
2.1	Sähköisku	1
2.2	Valokaari	2
2.3	Tulipalo	3
3	Sähköturvallisuuslaki	4
4	Standardi	7
4.1	Koulutusvaatimukset	7
4.2	Työkohde	8
4.3	Korjaamotila	8
4.4	Ajoneuvon merkintä	9
4.5	Jännitetyö	10
5	Ajoneuvon valmistajan ohjeet	10
5.1	Henkilösuojaus	10
5.2	Työskentelytilat	11
5.3	Auton siirto	11
5.4	Auton säilytys	11
6	Yhteenveto	12
	Lähteet	15
	Liitteet	
	Liite 1. SFS 6002 liite U	
	Liite 2. SFS 6002 liite Y.7 Pienoisjännitelaitteistot	

## 1 Johdanto

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen osuus tieliikenteessä käytettävistä ajoneuvoista kasvaa jatkuvasti. Tämä johtaa myös luonnollisesti sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaus- ja huoltotarpeiden lisääntymiseen. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähköiset voimalinjat ja korkeajännitteiset akut asettavat huolto- ja korjaustoiminnalle vaatimuksia, joita ei kohdata polttomoottoriajoneuvoja huoltaessa ja korjatessa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Suomen lain ja asetusten sekä standardien asettamia vaatimuksia sähköajoneuvojen huoltamiselle ja korjaamiselle. Vaatimukset liittyvät useimmiten työturvallisuuteen, sähkötyöturvallisuuteen, paloturvallisuuteen ja näiden toteutumisen valvontaan.

Työ on tehty MetroAuto Oy:n Herttoniemen-toimipisteelle.

## 2 Sähköturvallisuuslain ja standardien tarpeellisuus

Sähköautojen kapasiteetiltaan isojen akkujen korkeat jännitteet ja vikatilanteessa suuret oikosulkuvirrat aiheuttavat vaaran, etenkin silloin, jos niitä käsittelee henkilö, jolla ei ole riittäviä tietoja ja taitoja asiasta. Suurimpina riskeinä ovat sähköiskut, valokaaret ja tulipalot. Toteutuessaan nämä riskit voivat aiheuttaa henkilövahinkoja, kuolemia sekä suuria materiaalisia ja taloudellisia menetyksiä. Tämän vuoksi on hyvä, että riskejä vähennetään vaatimalla esimerkiksi riittävää koulutusta.

### 2.1 Sähköisku

Henkilön saadessa sähköiskun hänen kehonsa joutuu osaksi virtapiiriä, ja silloin kehon kautta kulkee sähkövirta. Ihmisen hermoston toiminta perustuu sähköimpulsseihin, ja riittävän iso kehon ulkopuolelta tuleva virta häiritsee näitä impulsseja. Riittävän suuri sähkövirta voi hermojen impulsseja häiritsemällä aiheuttaa lihaskouristuksia ja lamata hengityksen. Ihmisen sydän on myös erityisen arka sähkövirralle. Sydämen läpi kulkeva sähkövirta voi aiheuttaa kammiovärinää tai sydänpysähdyksen

Lisäksi kehon läpi kulkeva sähkövirta voi aiheuttaa pinnallisia tai sisäisiä palovammoja, ja tasavirta voi palovammojen lisäksi aiheuttaa kemiallisia reaktioita kehossa.

Sähköiskun vaarallisuuteen vaikuttavat pääasiassa kehon läpi kulkevan sähkövirran voimakkuus ja vaikutusaika. Kehon vaurioihin vaikuttaa myös se, onko kyseessä tasavirta vai vaihtovirta. Vaarallisuuteen vaikuttavat myös kosketuspinta-ala, kosketuspaikkojen sijainti, ihon kosteus, puristusvoima ja kosketusjännite. [1, s. 57–59.]

Sähkötapaturmassa ensiapua annettaessa on tärkeää varmistaa oma turvallisuus. Mikäli sähköiskun saanut henkilö on edelleen kiinni virtapiirissä, on virta katkaistava tai sähköiskun saanut irrotettava esimerkiksi puista harjanvartta, vaatekappaletta tai muuta sähköä johtamatonta materiaalia apuna käyttäen. Auttajan on syytä olla varovainen, ettei hän joudu myös osaksi virtapiiriä. Seuraavaksi tulee tarkastaa sähköiskun saaneen tila ja hälyttää apua hätäkeskuksesta soittamalla 112:een. Mikäli sähköiskun saanut hengittää, hänet käännetään kylkiasentoon ja odotetaan apua. Jos sähköiskun saanut ei hengitä, on aloitettava puhallus-paineluelvytys. Hätäkeskuksen ohjeita tulee noudattaa. [2]

## 2.2 Valokaari

Valokaari voi päästä syttymään esimerkiksi, jos korkeajänniteakun navat oikosuljetaan vahingossa. Oikosulkuvirran ollessa suuri voi ympäröivä ilma lämmetä niin paljon, että se ionisoituu ja muuttuu sähköä johtavaksi. Tällöin valokaari jää palamaan, vaikka oikosulun aiheuttanut esine ei enää fyysisesti koskisikaan akun napoihin.

Valokaaren vaarallisuus tulee sen korkeasta lämpötilasta ja säteilystä. Valokaarella lämpötila voi olla jopa useita tuhansia asteita. Tuhansien asteiden lämpötila aiheuttaa palovammoja erittäin nopeasti ja saa aikaan helposti myös tulipalon, jos lähetyvillä on palavaa materiaalia. Lisäksi valokaari säteilee infrapuna- ja ultraviolettisäteilyä. Riittävän voimakkaana ultraviolettisäteily voi vaurioittaa silmiä, ja infrapunasäteily aiheuttaa palovammoja. [1, s. 60.]

## 2.3 Tulipalo

Sähköauton korkeajänniteakku saattaa syttyä palamaan, jos akku on esimerkiksi vaurioitunut kolarissa ja mennyt oikosulkuun. On myös tapauksia, joissa latauksessa ollut akku on syttynyt ja myös niitä, missä akku on syttynyt itsestään, ilman mitään selkeää syytä. Käytössä olevasta akkukemiasta ja akun koosta riippuen palo voi olla räjähdysmäinen ja hyvin vaikea sammuttaa. Lisäksi palavasta akusta vapautuu haitallisia ja myrkyllisiä kaasuja.

Akkupalo on vaikea sammuttaa, sillä akku usein sijaitsee ajoneuvossa paikassa mihin on hankala päästä käsiksi. Ei riitä, että palo vain sammutetaan, vaan akku pitää myös saada jäähdytettyä ettei se syty uudestaan. Akut valmistetaan kytkemällä yksittäisiä kennoja sarjaan ja rinnan, jolloin saavutetaan akkupaketin haluttu jännite ja kapasiteetti. Nämä kennot pakataan tiiviin kuoren sisään. Jos yksi akun kennoista alkaa lämpiämään, eivätkä akun sisäiset turvatoiminnot ja jäähdytys pysty tätä estämään, voi yksi kenno syttyä palamaan ja lämmittää viereisiä kennoja aiheuttaen ketjureaktion. Tämä ketjureaktio jatkuu niin pitkään, kunnes akku saadaan jäähdytettyä, että uusia kennoja ei enää syty tai kunnes kaikki kennot ovat palaneet. Tämän takia palon sammuttamiseen vaaditaan paljon vettä, jopa yli 10 000 litraa riippuen akun paikasta ja koosta. [3]

Suomessa 2019 sattuneessa tapauksessa pelastuslaitos oli hälytetty paikalle, kun latauksessa ollut sähköauto oli alkanut savuttaa. Pelastuslaitoksen saavuttua paikalle savun väri muuttui, ja hetki sen jälkeen sähköauto syttyi liekkeihin. Sammutuksen jälkeen auto näytti sammuneen ja se siirrettiin kentälle, missä palon leviäminen ei olisi riski. Palokunta poistui paikalta, mutta noin vartti sen jälkeen auto syttyi uudelleen palamaan. Uudelleen sammuttamisen ja jäähdyttämisen jälkeen auto syttyi vielä kolmannen kerran palamaan ennen kuin se saatiin sammumaan lopullisesti. ”Sähköauto syttyi kolmesti – akkupalo on arvaamaton ja vaikea sammuttaa” -artikkelissa palomies Esa Koskimaa kertoo, että palotyyppi on poikkeuksellinen ja syttynyt ja sammutettu sähköauto voi olla epävakaa vielä 48 tuntia. [4]

Selkeää ja yksiselitteistä ratkaisua sähköajoneuvopalojen sammuttamiseen ei tois-  
taiseksi ole. Päijät-Hämeen pelastuslaitos on 2020 ottanut käyttöön itse kehittämänsä

vesitiiviin siirtolavan mihin sammutettu sähköauto voidaan nostaa alkusammutuksen jälkeen. Siirtolava täytetään vedellä niin että sisällä olevan auton akusto jää veden alle, jäähdyttäen akkua ja estäen uudelleen syttymisen. Palon varmasti sammuttua auto ja vesi toimitetaan jätteenkäsittelyyn. Ajoneuvon upottaminen luonnonvesistöön olisi palon sammutuksen kannalta tehokas ratkaisu, mutta saattaisi aiheuttaa haitallisten aineiden pääsyn ympäristöön ja muita ympäristöriskejä. [5]

### 3 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslaissa säädetään muun muassa sähkölaitteiden vaatimuksista, vaatimusten mukaisuuden osoittamisesta, valvonnasta sekä sähköalan töistä ja niiden valvonnasta.

Suomessa sähkötyöt ovat luvanvaraisia töitä. Tämä tarkoittaa, että työn tekijällä tulee olla riittävä sähköalan koulutus ja pätevyys.

Sähköturvallisuuslain neljännen luvun pykälässä 54 (Perusvaatimus sähkötyölle ja käyttötyölle) sanotaan seuraavaa:

Sähkötöitä tai käyttötöitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu [6].

Pykälässä 55 (Sähkötöiden tekemisen edellytykset) määritellään tarkemmin seuraavat edellytykset, joilla toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä:

- 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.



Edellä 1 momentin 4 kohdassa tarkoitettussa ilmoituksessa on selvitettävä, että 1 momentissa ja 58 §:ssä asetetut vaatimukset täyttyvät. Ilmoituksesta on käytävä ilmi sähkötöiden johtajan suostumus tehtävänsä. Ilmoituksessa on myös mainittava rekisteriin merkitsemistä varten 86 §:n 2 momentin 1–3 kohdassa tarkoitettut tiedot. Rekisteriin merkittyjen tietojen muutoksista on kuukauden kuluessa ilmoitettava kirjallisesti sähköturvallisuusviranomaiselle. Ilmoituksen voi tehdä myös sähköisesti. [6]

Näihin pykäliin on kuitenkin poikkeuksia ja nämä vaikuttavat merkittävästi sähköajoneuvoihin kohdistuviin töihin.

Pykälässä 56 (Sähkötöiden tekemisen edellytyksiä koskevat poikkeukset) mainitaan poikkeuksia pykälän 55 edellytyksiin.

Edellä 55 §:ssä säädetyistä vaatimuksista voidaan poiketa:

1) tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajärjestelmän sähkötöissä, jos henkilö on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin;

2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin tai 120 voltin tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvat sähkötyöt; [6]

Näin ollen tieliikennekäyttöön tarkoitettujen sähköajoneuvojen voimajärjestelmään liittyvissä sähkötöissä ei tarvita Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille tehtyä urakointi-ilmoitusta eikä näin ollen myöskään sähkötöiden johtajaa.

Esimerkkejä sähkövoimajärjestelmän sähkötöistä ovat

- työ, jossa auton valmistaja edellyttää korkeajännitejärjestelmän jännitteettömäksi erottamisen
- korkeajännitepiirin jännitteettömäksi erottaminen
- korkeajännitepiirin jännitteen kytkentä
- eristysvastusmittaus
- korkeajännitekomponenttien irrotus/kiinnitys
- korkeajänniteliittimien avaaminen/sulkeminen

- korkeajänniteakkuun kohdistuvat työt
- vaurioituneen ajoneuvon korkeajännitepiirin tilan tarkastaminen
- muut korkeajännitepiirin vianmääritys- ja korjaustoimenpiteet [7].

Huolimatta siitä, että urakointilupaa tai sähkötöiden johtajaa ei tarvita, ovat sähköajoneuvon voimajärjestelmään liittyvät työt silti sähkötöitä ja sähkötyöturvallisuusmääräyksiä tulee edelleen noudattaa. Laki määrää, että työn suorittajan täytyy olla riittävän perehtynyt sähkön vaaroihin ja ajoneuvon mallikohtaiseen sähköjärjestelmään. Suorittamalla autoalan SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutuksen työn suorittaja täyttää lain vaatiman sähkön vaaroihin perehtymisen. SFS 6002 -koulutus ei kuitenkaan yksinään riitä, vaan työn suorittajan on perehdyttävä ajoneuvon mallikohtaiseen sähköjärjestelmään esimerkiksi maahantuojan koulutuksessa.

Kaikki sähköajoneuvon korjaus- ja huoltotyöt eivät kuitenkaan edellytä sähkövoimajärjestelmään perehtymistä. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi ajoneuvon määräaikaishuollot, ajoneuvon 12 V:n tai 24 V:n sähköjärjestelmään kohdistuvat sähkötyöt ja korityöt sen jälkeen, kun korkeajännitejärjestelmä on tarvittaessa tehty jännitteettömäksi. [7]

Yleisvastuu työturvallisuudesta on työturvallisuuslain mukaan työnantajalla eli käytännössä usein yrityksen toimitusjohtajalla. Toimitusjohtaja nimeää työsuorituksesta vastaavat henkilöt tai henkilön.

Työsuorituksesta vastaava henkilö huolehtii, että työtä tehdessä noudatetaan asiaankuuluvia vaatimuksia, säädöksiä ja ohjeita. Työsuorituksesta vastaava henkilö tulee olla perehdytetty sähkön vaaroihin ja ajoneuvon mallikohtaiseen sähköjärjestelmään. Työsuorituksesta vastaava henkilö voi olla myös kyseisen työn tekijä. Työn tekijä voi siis valvoa omaa työsuoritustaan ja erillistä valvojaa ei tarvita. [7]

Sähtöturvallisuusmääräyksiensä noudattamista valvova viranomainen on Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Vakavan tapaturman sattuessa tieto tapaturmasta menee Tukesille työnsuojeluviranomaisen kautta. Lievistä tapaturmista ja lähellä piti -tilanteista on

suositeltavaa ilmoittaa itse Tukesin ylläpitämään Varo-rekisteriin. Ilmoitukset auttavat kehittämään turvallisuusmääräyksiä ja alan koulutusta.

## 4 Standardi

Sähkötyöturvallisuuden osalta Suomessa noudatetaan kansainväliseen standardiin EN 50110-1 perustuvaa SFS 6002 -standardia. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin kanta on, että SFS 6002 -standardia sovelletaan myös sähköajoneuvoihin, koska sopivampaakaan standardia ei ole, vaikka kansainvälistä EN 50110-1- standardia ei ole suunniteltu sovellettavaksi ajoneuvojen sähkölaitteisiin.

### SFS 6002 U-liite

U-liite on SFS 6002 sähköturvallisuusstandardin osa, jossa käsitellään sähköajoneuvojen sähkötyöturvallisuutta.

Sähköturvallisuusstandardin SFS6002 liitteessä U sähköajoneuvolla tarkoitetaan sähkö- ja hybridiajoneuvoja ja työkoneita, joissa akusta tai vastaavasta energianlähteestä syötetään ajojärjestelmään nimellisjännitteeltään yli 120 V:n tasajännitettä tai 50 V:n vaihtojännitettä.

### 4.1 Koulutusvaatimukset

Henkilöiden, jotka tekevät sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotöitä on suoritettava SFS 6002 -standardin mukainen sähkötyöturvakoulutus soveltuvilta osin. Heillä tulee myös aina olla käytettävissä sähköajoneuvon mallikohtaiset huolto- tai korjausohjeet, joista käy ilmi, kuinka ajoneuvo tehdään jännitteettömäksi. Vaatimus sähkötyöturvakoulutuksesta koskee myös työnjohto-, käyttö- ja asiantuntiatehtävissä toimivia henkilöitä.

Sähkötyöturvallisuuskoulutus on uusittava vähintään viiden vuoden välein, mutta koulutus suositellaan uusittavan useammin, jos sähköturvallisuuteen vaikuttavat määräykset tai työntekijän työtehtävät muuttuvat.

Henkilöiden, jotka eivät tee sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöitä, ei tarvitse suorittaa sähkötyöturvakoulutusta, vaikka he työskentelisivät samassa tilassa, jossa tehdään sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöitä. Riittää, että heidät perehdytetään sähkön vaaroihin ja onnettomuustilanteissa toimimiseen. Tämä koskee myös esimerkiksi kesätyöntekijää, joka tekee sähköajoneuvoon ainoastaan yksinkertaisia huoltotoimenpiteitä, kuten renkaiden, polttimoiden ja nesteiden vaihtoa.

Sähköturvallisuuskoulutuksen lisäksi kaikkien sähkötöihin osallistuvien on suoritettava ensiapukoulutus. Vaatimus ensiapukoulutuksesta koskee myös työnjohto-, käyttö- ja asiantuntiatehtävissä toimivia henkilöitä. Toisin kuin viiden vuoden välein uusittava sähkötyöturvallisuuskoulutus, ensiapukoulutus on uusittava kolmen vuoden välein. [7]

## 4.2 Työkohde

Yhtenä työkohteena voidaan pitää yhtä korjaamohallia, jossa tehdään sähköajoneuvojen sähkötöitä. Jokaiseen työkohteeseen on nimettävä työnaikaista sähköturvallisuutta valvova henkilö.

## 4.3 Korjaamotila

Korjaamotilassa ja työntekijöiden sosiaalityötiloissa on oltava ensiapuhjetaulu. Korjaamon kaikilla henkilökulkuteilla on oltava vaarallisesta jännitteestä kertova kyltti sekä asiattomilta pääsy kielletty -merkintä. Kilpien on oltava suomen- ja/tai ruotsinkielisiä. Lisäksi suositellaan englanninkielisiä kylttejä, jos työpaikalla on suomea tai ruotsia puhumattomia henkilöitä. [8]

Sähköajoneuvojen korjaamotilaa valitessa on hyvä ottaa huomioon onnettomuustilanteen vaikutukset, esimerkiksi jos ajoneuvon akku syttyy palamaan, pääseekö palokunta sammuttamaan sitä helposti tai pystytäänkö ajoneuvo eristämään tai poistamaan rakennuksesta palon alkuvaiheessa.

#### 4.4 Ajoneuvon merkintä

Sähkötöiden kohteena oleva sähköajoneuvo on merkittävä selkeästi lippusiimalla ja varoituskilvellä. Vaarallisesta jännitteestä kertova varoituskilpi on laitettava näkyvään paikkaan, esimerkiksi työn kohteena olevan ajoneuvon katolle.

Kuvat 1 ja 2 ovat esimerkkejä vaarallisesta jännitteestä kertovista merkeistä.



Kuva 1. Vaarallinen jännite varoituskilpi [8]



Kuva 2. Vaarallinen jännite varoituskilpi yhdistettynä "Hengenvaara"-tekstillä [8]

Mikäli työkohte tai tilanne vaatii, voidaan käyttää myös muunlaisia merkintöjä. Muut kilvet tai merkit eivät kuitenkaan saa olla harhaanjohtavia perusvaatimuksiin verrattuna.

## 4.5 Jännitetyö

Mikäli sähköajoneuvon ajoakustossa joudutaan tekemään jännitetyötä, on noudatettava SFS 6002 standardin Y.7-kohdan vaatimuksia riippumatta ajoakuston jännitteestä.

Standardin kohdassa Y.7 todetaan, että jännitetyössä tulee käyttää jännitetyövälineitä ja noudattaa jännitetyövälineiden ohjeita. Ajoakkujen jännitetöihin liittyy yleensä suurivirtaisen oikosulun vaara. Tällöin työn tekijän tulee olla sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö, jolle on annettu kyseistä työtä koskeva jännitetyökoulutus ja tehtävään kohdennettu sähkötyöturvallisuuskoulutus. Soveltuva jännitetyökoulutus voi olla esimerkiksi valmistajan akkukorjauskurssi. [8]

## 5 Ajoneuvon valmistajan ohjeet

Ajoneuvojen valmistajat asettavat ajoneuvojen korjaukselle usein tiukempia vaatimuksia kuin esimerkiksi laki ja standardi vaativat. MetroAuto on Renaultin valtuutettu huolto, ja seuraavat esimerkit ovat Renaultin Zoe-mallia koskevia ohjeistuksia. Renault Zoe on 100 kW:n moottorilla ja 54,6 kWh:n akustolla varustettu viisipaikkainen etuvetoinen viistoperä. Nimellisjännite akustossa on 400 V.

### 5.1 Henkilösuojaus

Yksin työskentely korjaamossa on kielletty. Toisen henkilön tulee aina olla lähistöllä, jotta ongelman sattuessa mahdollisesti vaaratilanteessa olevaa henkilöä voidaan auttaa.

Korkeajänniteakkua irti kytkettäessä tulee käyttää riittävää suojarustusta. Suojarustukseen kuuluu pääasiassa puuvillainen suojahaalari, kasv suoja, suojakypärä sekä sähköluokan 00 tai 0 turvakengät ja eristyskäsineet.

Auton korkeajännitejärjestelmään kohdistuvia töitä saa tehdä ainoastaan henkilö, joka on valtuutettu korkeajännitejärjestelmän käsittelyyn. Työntekijän palkannut yhtiö on vastuussa lupien myöntämisestä. Lupien myöntäminen perustuu työntekijän taitoihin ja käytyihin koulutuksiin. [9]

## 5.2 Työskentelytilat

400 V:n korkeajännitejärjestelmään kohdistuvia töitä ei saa tehdä tienlaidassa vaan ainoastaan korjaamolla. Korkeajänniteverkkoon kuuluvat muun muassa oranssit korkeajännite -johtimet, akku, sähkömoottori, ilmastoinnin kompressori ja lämmitin. [10]

## 5.3 Auton siirto

Kolarissa osallisena ollutta autoa saa kuljettaa ainoastaan hinausauton lavalla. Sitä ei saa hinata pyörät maassa.

Kolaroimaton auto voidaan kuljettaa lavalla tai hinata takapyörät maassa etupyörät hinausauton nostimella ilmaan nostettuna. [10]

## 5.4 Auton säilytys

Vaurioituneita autoja tulee säilyttää erillään muista ajoneuvoista eristyksissä vähintään 48 tuntia. Etäisyyden rakennuksista tulee olla vähintään 12 m, ja autojen välillä tulee olla etäisyyttä 5 m. Autojen vaurioituneen osat tulee peittää eristävällä peitteellä.

Asiakkaita tai kouluttamattomia henkilöitä ei saa päästää säilytysalueelle.

Irrotettujen korkeajänniteakkujen säilytystä koskee samat säännöt kuin vaurioituneen auton säilytystä. Lisäksi suositellaan, että akkua säilytettäisiin lavalla, joka on peitetty pressulla tai eristävällä peitteellä. Vaihtoehtoisesti akkua voi säilyttää myös kuljetuslaatikossa sateelta suojatussa paikassa.

Mikäli parkkitilaa ei ole tarpeeksi, vaihtoehtoisena ratkaisuna voidaan käyttää myös tunnin palonkeston omaavaa kolmesivuista katosta. Katoksen seinien tulee olla 3 m korkeat 20 cm paksut betoniseinät tai tuplapellit, joiden välissä on lasikuitueriste. Renaultin ohjeen mukaan paikallisilla säännöksillä on kuitenkin etusija näihin suosituksiin nähden. [10]

## 6 Yhteenveto

Sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminta on suhteellisen uutta, eikä siitä ole helposti tarjolla kovinkaan paljoa materiaalia. Ajoneuvovalmistajilla on ohjeet jokaisen sähköautomallinsa turvalliseen huoltoon, mutta yksityisille henkilöille ohjeita ei ole helposti saatavilla, mikä ei kuitenkaan ole välttämättä huono asia.

Selkeää ja yhdenmukaista ohjeistusta sähköajoneuvojen palojen käsittelyyn ei ole. Pelastuslaitokset kehittävät kuitenkin omia ohjeistuksiaan ja välineitään kuten vesisäiliöitä, joihin palanut sähköauto voidaan upottaa jäähtymään. Ala, tekniikka ja sähköajoneuvojen yleisyys kuitenkin kasvavat jatkuvasti ja näin myös tarve uusille ohjeistuksille. Uskonkin että sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustoiminta, työturvallisuus mukaan luettuna, tulee kehittymään nopeasti.

Sähköturvallisuuslain 56. pykälän mukaan tieliikennekäyttöön tarkoitettujen sähköajoneuvojen voimalinjaan liittyvissä töissä voidaan poiketa 55. pykälän vaatimuksista. Tämä tarkoittaa, että Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesille ei tarvitse tehdä urakointi-ilmoitusta eikä näin ollen myöskään tarvita sähkötöiden johtajaa.

Sähkötöitä tekevän työntekijän on suoritettava SFS 6002 -standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus ja ensiapukoulutus. Sähkötyöturvallisuuskoulutus on uusittava viiden vuoden välein ja uusintaa suositellaan, jos työtehtävät muuttuvat oleellisesti. Ensiapukoulutus on uusittava kolmen vuoden välein. Sähkötöitä tehdessä vaatimus sähkötyöturvallisuus- ja ensiapukoulutuksesta koskee myös työnjohto-, käyttö- ja asiantuntia-tehtävissä toimivia henkilöitä. Työntekijällä tulee olla myös saatavilla valmistajan ohjeet, joista käy ilmi, kuinka ajoneuvo tehdään jännitteettömäksi.



Muita kuin sähkötoita tekevän tekijän ei tarvitse suorittaa sähkötyöturvallisuuskoulutusta. Riittää että hänelle on perehdytetty sähkön vaaroihin ja onnettomuustilanteessa toimiseen.

Jännitetyötä tekevän työntekijän on oltava sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö, jolle on koulutettu kyseistä työtehtävää koskeva jännitetyö- ja sähkötyöturvallisuuskoulutus. Jännitetyökoulutus voi olla esimerkiksi ajoneuvon valmistajan akunkorjauskurssi.

Yhtä korjaamohallia voidaan pitää yhtenä työkohteena ja työkohteelle on nimettävä sähköturvallisuutta valvova henkilö. Työntekijöiden sosiaaliloihin ja korjaamohalliin on sijoitettava ensiapuhjetaulu. Lisäksi jokaisella korjaamohalliin johtavalla kulkureitillä on oltava vaarallisesta jännitteestä kertova kyltti sekä asiattomilta pääsy kielletty -merkintä. Kylttien tulee olla suomen- ja/tai ruotsinkielisiä.

Työn kohteena oleva ajoneuvo on merkittävä esimerkiksi lippusiimalla ja varoituskyltillä. Vaarallisesta jännitteestä kertova kyltti on sijoitettava näkyvälle paikalle.

#### Renault Zoe:n huolto ja korjaus

MetroAuton huoltaessa tai korjatessa Renault Zoeta on otettava huomioon sähköturvallisuuslain, SFS 6002 -standardin ja ajoneuvon valmistajan ohjeet ja määräykset.

Mikäli autoa joudutaan säilyttämään ennen huoltoa tai korjausta, on se tehtävä viiden metrin päässä muista autoista ja kahdentoista metrin päässä rakennuksista.

Autoa huollettaessa ja korjatessa ei tarvita urakointilupaa tai ilmoitusta Tukesille. Auton kanssa työskentelevän on kuitenkin tullut suorittaa autoalan SFS 6002 –sähkötyöturvallisuuskoulutus ja ensiapukoulutus sekä tutustua auton valmistajan ohjeisiin. Autoa huoltava tai korjaava henkilö voi valvoa itse työsuoritustaan tai valvojaksi voidaan nimetä erillinen henkilö. Huoltoa tai korjausta suorittava henkilö ei kuitenkaan saa työskennellä korjaamohallissa yksin. Lisäksi korjaamohallille on tullut nimetä työnaikaista sähköturvallisuutta valvova henkilö.

Mikäli työ vaatii korkeajänniteakun irtikytkennän, on työntekijän oltava perehdytetty korkeajännitejärjestelmän käsittelyyn. Työntekijällä tulee olla irtikytkentää tehdessä suojavaarustuksena suojahaalari, kasvosuoja, suojakypärä, turvakengät ja eristyskäsineet.

Työn kohteena oleva auto tulee eristää lippusiimalla tai nauhalla ja merkitä vaarallisesta jännitteestä kertovilla kylteillä.

## Lähteet

- 1 Linja-aho, Vesa. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- 2 Ensiapu. Verkkoaineisto Stek. <<https://stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkovaarat-ja-vahingot/ensiapu/>>. Luettu 10.9.2020.
- 3 Peiyi, Sun;Roeland, Bisschop; Huichang, Niu & Xinyan, Huang. 2020. A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. Verkkoaineisto <[https://www.researchgate.net/publication/338542510\\_A\\_Review\\_of\\_Battery\\_Fires\\_in\\_Electric\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/338542510_A_Review_of_Battery_Fires_in_Electric_Vehicles)> Luettu 10.9.2020.
- 4 Sähköauto syttyi kolmesti – akkupalo on arvaamaton ja vaikea sammuttaa. Verkkoaineisto. Pelastustieto. 28.6.2019. <<https://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/operatiivinen-toiminta/sahkoauto-syttyi-kolmesti-akkupalo-on-arvaamaton-ja-vaikea-sammuttaa/#cca708b1>> Luettu 17.9.2020.
- 5 Tuleen syttynyt sähköauto on vaikea sammuttaa: palokunta kehitti itse ongelmaan ratkaisun, jossa akku upotetaan veteen. Verkkoaineisto. Yle. 12.5.2020. <<https://yle.fi/uutiset/3-11341995>> Luettu 17.9.2020.
- 6 Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/16.12.2016.
- 7 Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaamiseen liittyvät tärkeimmät muutokset. Verkkoaineisto. Autoalan keskusliitto. <<https://akl.fi/palvelut/sertifointi/sahkotyoturvallisuus-sfs6002-ja-tyosuorituksesta-vastaava-henkilo/sahko-ja-hybridiajoneuvojen-korjaamiseen-liittyvat-muutokset/>> Luettu 3.9.2020.
- 8 SFS 6002 sähkötyöturvallisuus. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 MR 457 ZOE-01D. 08.2012. Huolto- ja korjausohje. Renault.
- 10 Roadside assistance technician's guide. 01.11.2013. Renault.

## SFS 6002 liite U

### U.1 Yleistä

Tässä liitteessä tarkoitetaan sähköajoneuvolla sähkö- tai hybridiajoneuvoa tai työko-  
netta, jossa on akusta tai vastaavasta energialähteestä syötettävä sähköinen ajovoima-  
järjestelmä, jonka nimellisjännite on yli 120 V tasajännitettä tai 50 voltia vaihtojännitettä.  
Sähköajoneuvoissa käytetään yleisesti termiä matalajännite (en low voltage) tarkoitta-  
maan 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 Yhdistynei-  
den Kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) säännössä nro 100 Uniform pro-  
visions 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. Sähköajoneuvo-  
korjaamot poikkeavat tavallisista sähkölaittekorjaamoista mm. siten, että ajoneuvokorjaa-  
molla korjattavista autoista vain pieni osa on sähköajoneuvoja ja samoissa korjaamoti-  
loissa työskentelee mekaanikkoja, joilla ei ole sähköalan koulutusta tai kokemusta.

Sähköturvallisuuslain mukaan tieliikennekäyttöön soveltuvan sähköajoneuvon voimajär-  
jestelmän sähkötöissä ei vaadita sähkötöiden johtajaa, jos työn suorittaja on riittävästi  
perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaa-  
roihiin. 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 esimer-  
kiksi lippusiimalla ja vaarallisesta jännitteestä kertovalla varoituskilvellä, joka sijoitetaan  
näkyvään paikkaan esimerkiksi ajoneuvon katolle.

Korjaamotila ja työntekijöiden sosiaalitila on varustettava ensiapuhjetaululla. Korjaamo-  
tilan 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.

**SFS 6002 liite Y.7 Pienoisjännitelaitteistot**

SELV- ja PELV-pienoisjännitteisissä laitteistoissa jännitteisenä tehtävissä töissä käytetään jännitetyövälineitä, ja niissä noudatetaan niitä koskevia ohjeita. Jos laitteistossa on suurivirtaisen oikosulun vaara, esim. suuret akustot, pitää työn tekijän olla sähköalan ammattihenkilö tai työtä tekeväälle opastetulle henkilölle on annettava yleinen sähkötyöturvallisuuskoulutus ja työtä koskeva jännitetyökoulutus, katso kohta Y.2. FELV-järjestelmien jännitetöissä sovelletaan pienjännitelaitteistoja koskevia vaatimuksia, katso kohta Y.8.