



Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitetoiden vaatimukset autokorjaamolle

Petri Sorri

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2024

Autotekniikka
Auto- ja korjaamotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Autotekniikka
Auto- ja korjaamotekniikka

SORRI, PETRI:

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitetöiden vaatimukset autokorjaamolle

Opinnäytetyö 30 sivua
Joulukuu 2024

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä asioita korjaamon tulee ottaa huomioon, jos se haluaa laajentaa liiketoimintaansa sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekorjaukseen. Autoalan kehityksen myötä ajoneuvokannan sähköistyminen tuo uusia haasteita korjaamoille, sillä sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitetyöskentely vaatii erikoistuneita työvälineitä, koulutusta sekä erityisiä turvallisuusmääräyksiä.

Työssä tarkastellaan sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekorjaukseen liittyviä keskeisiä säännöksiä ja vaatimuksia. Erityistä huomiota kiinnitetään sähkötyöturvallisuuteen, suojaruusteisiin ja korkeajännitetöiden erityisvaatimuksiin. Lisäksi pohditaan henkilöstön koulutuksen ja valmistajakohtaisten ohjeistusten roolia turvallisuuden takaamiseksi.

Työn keskiössä ovat sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekorjaamiseen liittyvät lainsäädäntövaatimukset, työkalujen ja varusteiden valinta sekä työntekijöiden koulutustarpeet. Työssä ei käsitellä käytännön esimerkkejä, mutta sen tavoitteena on tarjota korjaamoille kokonaisvaltainen käsitys siitä, mitä liiketoiminnan laajentaminen sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekomponenttien korjaamiseen vaatii.

Asiasanat: sähköajoneuvot, hybridiajoneuvot, korkeajännite, työturvallisuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Vehicle Engineering
Garage Engineering

SORRI, PETRI:

Requirements for high-voltage work on electric and hybrid vehicles for an auto repair shops

Bachelor's thesis 30 pages
December 2024

The objective of this thesis was to explore the key requirements that an auto repair shop must meet to expand its services to include high-voltage repairs on electric and hybrid vehicles. Electric and hybrid cars present new challenges, as these repairs require specialised tools, extensive training, and strict adherence to safety regulations.

This study examines essential legislative requirements, the selection of appropriate tools and protective equipment, and the necessary training for personnel to ensure safe and efficient high-voltage work. It also highlights the critical role of manufacturer-specific instructions and compliance in achieving operational safety and success.

Although the thesis does not include practical examples, it provides repair shop operators with a comprehensive understanding of what is needed to transition into high-voltage component repairs. By addressing these challenges, the thesis aims to support repair shops in making informed decisions when expanding their operations to meet the demands of vehicle electrification.

Key words: electric vehicles, hybrid vehicles, high voltage, work safety

SISÄLLYS

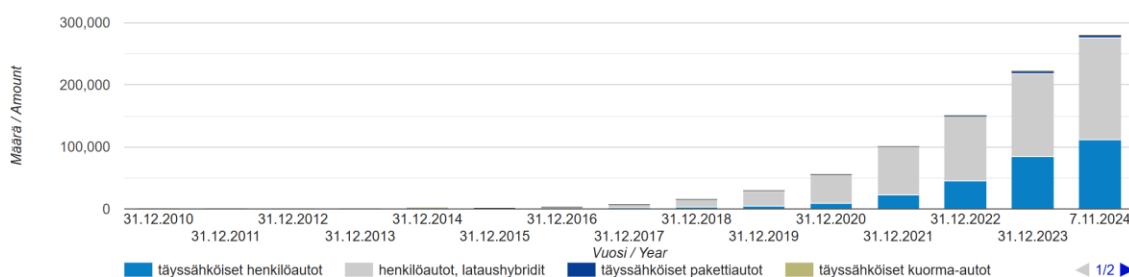
1	JOHDANTO	6
2	KESKEISET KÄSITTEET	7
	2.1 Sähköajoneuvo	7
	2.2 Hybridiajoneuvo	8
	2.3 Korkeajännite	8
3	HENKILÖSTÖN KOULUTTAMINEN.....	9
	3.1 Sähkötyöturvallisuuskoulutus.....	9
	3.2 Ensiapukoulutus.....	11
4	SUOJARUSTEET	12
	4.1 Työvaatteet	12
	4.2 Suojajalkineet.....	13
	4.3 Jännitesuojakäsineet.....	14
	4.4 Suojalasit	15
5	TYÖKALUT JA KORJAAMOLAITTEET	17
	5.1 Käsityökalut.....	17
	5.2 Nostolaitteet sähkö- ja hybridiajoneuvoille	18
6	KORJAAMOYMPÄRISTÖ.....	19
	6.1 Sähkö- ja hybridiajoneuvojen merkintä jännitetyön aikana.....	19
	6.2 Korjaamohallin ympäristön ja sisätilojen merkintä.....	20
	6.3 Pelastussuunnitelman päivitys	21
7	VARASTOINTI, LOGISTIIKKA JA KIERRÄTYS	22
	7.1 Korkeajännitekomponenttien varastointi	22
	7.2 Varaosien logistiikka	22
	7.3 Kierrätysvelvoite.....	24
8	POHDINTA	25
	LÄHTEET.....	27

ERITYISSANASTO

IEC	International Electrotechnical Commission
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
AC	Vaihtojännite (Alternating Current)
DC	Tasajännite (Direct Current)
UV	Ultravioletti
TUKES	Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto
VAK	Vaarallisten Aineiden Kuljetus
EU	Euroopan Unioni

1 JOHDANTO

Sähkö- ja hybridiajoneuvot ovat olleet jatkuvasti esillä viimeisen vuosikymmenen aikana. Monet valmistajat ovat siirtäneet huomionsa pois polttomoottorien kehityksestä ja ovat valinneet yhteisen suunnan sähköistymisen edistämiseksi. Kiristyvien päästörajoitusten myötä ajoneuvovalmistajien on ollut pakko suunnata kehitystyönsä kohti ympäristöystävällisempiä ratkaisuja. Tästä syystä ajoneuvokannan kehittämisessä on selkeästi havaittavissa sähkö- ja hybridiajoneuvojen määrän kasvu viime vuosien aikana. (Autoalan tiedotuskeskus 2024). Kuviossa 1 on esitetty sekä sähkö- että hybridiajoneuvojen määrän kasvaminen vuosien 2010–2024 välillä.



KUVIO 1. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen kasvu vuosien 2010–2024 aikana (autoalan tiedotuskeskus 2024).

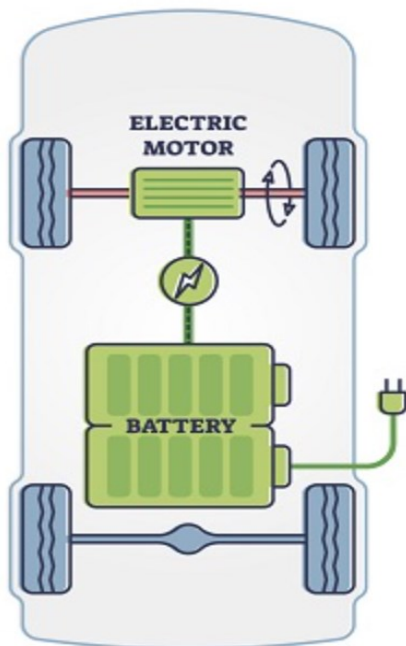
Teknologian merkittävä muutos tarkoittaa, että ajoneuvojen korjaaminen ei enää onnistu vanhoilla, yksinkertaisilla menetelmillä. Ajoneuvokannan sähköistyminen tarkoittaa väistämättä sitä, että nykyisten korjaamoiden on kehitettävä toimintaansa, mikäli ne haluavat pysyä osana tätä kehitystä. Yritykset joutuvat tällöin tekemään suuria investointeja ja kouluttamaan henkilöstöään uusiin työtehtäviin.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään erityisesti hankintoihin ja koulutuksiin, jotka yrittäjän on hyvä huomioida, mikäli hän haluaa aloittaa korkeajännitekomponenttien korjaamisen. Työvaatteisiin ja suojarusteisiin kiinnitetään erityistä huomiota, koska työturvallisuuden merkitystä halutaan korostaa. Työssä otetaan huomioon kirjoittamishetkellä voimassa olevat lait ja määräykset.

2 KESKEISET KÄSITTEET

2.1 Sähköajoneuvo

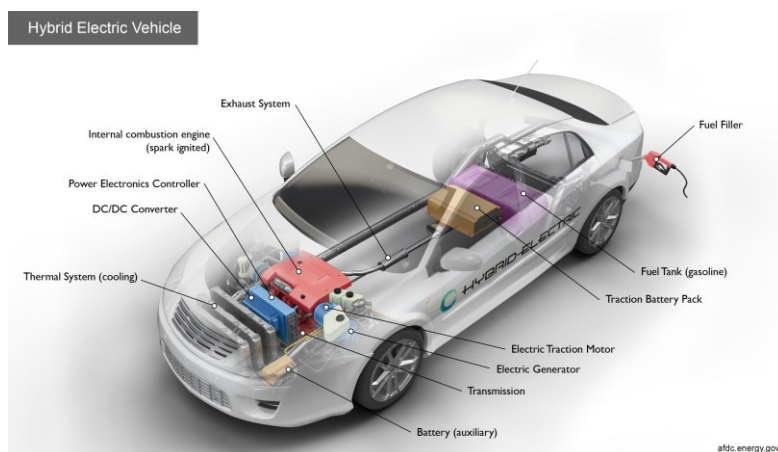
Sähköajoneuvolla tarkoitetaan ajoneuvoa, jonka liikuttamiseen ei tarvita polttomoottoria, vaan se hyödyntää liikkumiseen sähkömoottoria. Sähköajoneuvossa käytetään pääosin ajoakkuja, johon on varastoitu energiaa. Ajoakun energia ohjataan sähkömoottoreille, joiden avulla saadaan liikutettua ajoneuvoa. Ajoakkuun saadaan varastoitua lisää energiaa kytkemällä se latauslaitteeseen. (McKinsey & Company 2023.) Sähköajoneuvon keskeisiä komponentteja ovat suurkapasiteettinen ajoakku sekä yksi tai useampi sähkömoottori. Kuvassa 1 on havainnollistettu sähköajoneuvon perusrakenne.



KUVA 1. Sähköajoneuvon perusrakenne (U.S. Department of transportation 2023.).

2.2 Hybridiajoneuvo

Hybridiajoneuvoista on olemassa useita versioita ja määritelmiä, jotka perustuvat voimalinjan toteutukseen ja sen ominaisuuksiin. Hybridiajoneuvon perusideana on kuitenkin kaksi voimalinjaa, jotka toimivat itsenäisesti tai yhteistyössä auton käytön aikana. Hybridiajoneuvon keskeisimpiä komponentteja on polttomoottori sekä korkeajänniteakusto. (Greenvehicleguide 2024.) Kuvassa 2 on havainnollistettu hybridiajoneuvon perusrakennetta.



KUVA 2. Hybridiajoneuvon rakennekuva (U.S. Department of transportation n.d).

2.3 Korkeajännite

Sähkö- ja hybridiajoneuvoissa korkeajännitteellä tarkoitetaan kaikkia yli 60 V DC -jännitteellä toimivia komponentteja ja kytkentöjä (Keba 2024). Sähkö- ja hybridiajoneuvojen ajoakkujen jännitteet vaihtelevat huomattavasti, yleensä 48 V:sta jopa 800 V:iin. Näin korkeat jännitteet tekevät niistä merkittävästi erilaisia perinteisiin ajoneuvoihin verrattuna, joissa käytetään vain matalajännitteisiä järjestelmiä, kuten 12 V-akkuja. Tästä syystä sähkö- ja hybridiajoneuvojen kanssa työskentely katsotaan korkeajännitteiseksi työksi, vaikka Suomessa korkeajännite määritellään vaihtojännitteelle yli 1000 V ja tasajännitteelle yli 1500 V (Sesko n.d). Sähkö- ja hybridiajoneuvoissa 12 V -järjestelmä on kuitenkin edelleen käytössä, ja se huolehtii monista toiminnoista, kuten valoista ja viihde-elektroniiikasta (Motiva n.d). Tämä ero matalajännitteisten ja korkeajännitteisten järjestelmien välillä selittää, miksi sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto ja korjaus vaativat erityisiä turvallisuusmääräyksiä.

3 HENKILÖSTÖN KOULUTTAMINEN

Työ- ja elinkeinoministeriön linjauksen mukaisesti työnantajan on huolehdittava, että työntekijän osaamista ylläpidetään ja kehitetään (Työ- ja elinkeinoministeriö n.d). Tämän lisäksi on olemassa työturvallisuuslaki, joka velvoittaa yritystä huolehtimaan työntekijöistään 8 §:n mukaisesti:

Työnantaja on tarpeellisilla toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Tässä tarkoituksessa työnantajan on otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön samoin kuin työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. Työnantajan on erityisesti otettava huomioon, että työntekijän henkilökohtaiset edellytykset voivat edellyttää yksilöllisiä työsuojelutoimenpiteitä työntekijän turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi. (Työturvallisuuslaki 738/2002)

Työnantajalla on siis velvoite varmistaa, että työntekijä voi suoriutua annetusta työtehtävästä turvallisesti ja ammattitaitoisesti. Tätä varten on perustettu koulutuksia, jotka vaaditaan suoritetuksi ennen työsuhteen tai yksittäisen työtehtävän aloittamista.

3.1 Sähkötyöturvallisuuskoulutus

Suomessa sähköturvallisuuslaki ohjeistaa, miten sähköön liittyvät työt tulisi suorittaa. Kirjoittamisen aikana voimassa oleva lainsäädäntö on sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135. Tämän lain 55 pykälä määrittää edellytykset sähkötöiden suorittamiseen seuraavalla tavalla:

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.

Edellä 1 momentin 4 kohdassa tarkoitetussa 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 tarkoitetut tiedot. Rekisteriin merkittyjen tietojen muutoksista on kuukauden kuluessa ilmoitettava kirjallisesti sähköturvallisuusviranomaiselle. Ilmoituksen voi tehdä myös sähköisesti. (Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135)

Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että sähköturvallisuuslakiin kirjattu 56 pykälän ensimmäinen momentti tarkentaa sähköajoneuvoja koskevia määräyksiä seuraavalla tavalla:

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. (Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135)

Sähköturvallisuuslaissa on siis selkeästi määrätty, että henkilön tulee olla ajoneuvomalliin sekä sähkön vaaroihin perehtynyt.

SFS 6002 on sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka takaa perusohjeet turvalliseen työskentelyyn sähkön kanssa sekä tarkentaa ajankohtaisia säännöksiä. Koulutus on voimassa enintään viisi vuotta, jonka jälkeen koulutus täytyy uusua. Standardi antaa työntekijälle edellytykset suorittaa ajoneuvoihin määräaikaishuoltoja, mutta ei korkeajännitetoita. Mikäli henkilö ei työskentele lähietäisyydellä tai suorita minikäänlaisia korjaustöitä sähkö- tai hybridiajoneuvon parissa, häneltä ei vaadita sähköturvallisuuskoulutusta. Tässä tilanteessa henkilölle tulee kuitenkin kouluttaa perusymmärrys sähkön vaaroista sekä opettaa miten toimitaan onnettomuustilanteissa. (Rousku & Mäkinen 2021, 110.)

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekomponenttien korjaamiseen tarvitaan sähköturvallisuuslain mukaan valmistajakohtaiset ohjeet sekä mallikohtainen koulutus. Ajoneuvovalmistajat kouluttavat ensisijaisesti oman huoltoverkos-

tonsa mekaanikot ja vasta myöhemmin järjestävät avoimia koulutuksia. Ajoneuvovalmistajat julkaisevat koulutuksista paketteja, joihin voi myös maksua vastaan osallistua.

3.2 Ensiapukoulutus

SFS 6002 määrää, että jokaisella henkilöllä, joka osallistuu ammattitaitoa vaativaan sähkötyöhön, on oltava ensiapukoulutus suoritettuna. Ensiapukoulutus antaa kattavan perehdytyksen, miten toimia erilaisissa tapaturmatilanteissa, joita voi esiintyä korkeajännitetyöskentelyn aikana. (Rousku & Mäkinen 2021, 27.)

Suomessa laki ei velvoita kaikkia työntekijöitä suorittamaan ensiapukurssia, mutta yhä useammat työpaikat edellyttävät sitä. Monet työpaikat järjestävät työntekijöilleen tästä syystä ensiapukoulutuksen, joka on voimassa 3 vuotta suorittamisesta (Punainen risti n.d).

Tarvittaessa ensiapukoulutusta voidaan järjestää monella eri tavalla, kuten työpaikalla järjestettävänä koulutuksena tai etäkoulutuksena. Monet yritykset tarjoavat yrityksen koon mukaisia paketteja, jonka avulla kurssi saadaan suoritettua tarvittaville henkilöille tai tarvittavan ajan puitteissa. (Punainen risti n.d.).

4 SUOJAVARUSTEET

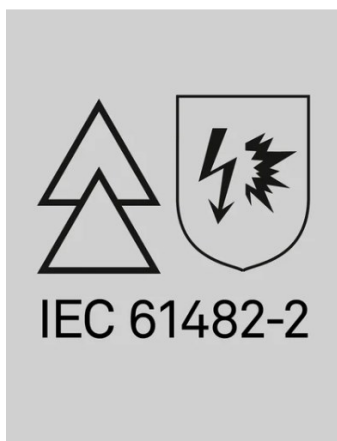
Työturvallisuuden keskeisiä asioita ovat asianmukaiset työvaatteet. Korkeajännitetöissä esiintyy useita vaarakohteita ja niiden torjumiseksi täytyy työntekijälle hankkia asianmukaiset ja oikeiden luokitusten mukaiset työvaatteet. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaamisessa työvaatteilta sekä suojaimita vaaditaan enemmän, kuin perinteisten polttomootoriautojen korjaamisessa.

Monista työvaatteista ja suojaimita löytyy omat standardit, joiden mukaan niiden soveltuvuus korkeajännitetöihin varmistetaan. Tärkeää on tiedostaa, mitä vaatimuksia suojarustekohtainen luokitus tarkoittaa ja kuinka sitä sovelletaan eri työtehtävissä. (Rousku & Mäkinen 2021, 28). Työntekijän turvallisuuden takaamiseksi suojarusteiden ja vaatteiden on oltava asianmukaisia ja täytettävä niille määrätty standardit.

4.1 Työvaatteet

Korkeiden jännitteiden kanssa työskennellessä on otettava huomioon suojauminen mahdolliselta valokaarelta. Valokaaren syntymisen voi aiheuttaa usea eri tekijä, mutta niitä syntyy esimerkiksi kuormitettujen komponenttien ja niiden liittimien erottamisessa. (Rousku & Mäkinen 2021, 13).

Valokaari tuottaa useiden tuhansien celsiusasteiden lämpötilan, mikä aiheuttaa merkittävän palovammavaaran ja voi sytyttää ympärillä olevat esineet tuleen. Työvaatteiden on siis täytettävä IEC-61482-2 standardin vaatimus, joka on määritetty, kun työskennellään kohteissa, joissa on riski valokaaripurkaukselle. (Sonepar n.d.) Kuvassa 3 on esitetty työvaatteissa esiintyvä merkintä, joka kertoo, että se täyttää tämän vaatimuksen.



KUVA 3. Valokaareltä suojaavan vaatetuksen merkintätapa (Fristads n.d).

4.2 Suojajalkineet

Suojajalkineiden määräykset vaihtelevat laajasti ala- sekä käyttökohtaisesti. Korkeajännitetyöhön seurataan EN-50321-1:2018 asettamaa määräystä. Suojajalkineiden tehtävä on estää jännitteen maadoittaminen työskentelyn aikana (Workmasters n.d). Turvajalkineet on luokiteltu taulukon 1 mukaan eri tasoluokkiin riippuen siitä, kuinka suurta jännitettä niiden halutaan kestävän.

TAULUKKO 1. Suojajalkineiden tasoluokitus (Workmasters n.d, muokattu).

Tasoluokka	Suurin sallittu työkentelyjännite
Taso 00	500 V
Taso 0	1000V
Taso 1	7500 V
Taso 2	17 000 V
Taso 3	26 500 V
Taso 4	36 000 V

4.3 Jännitesuojakäsineet

Suojakäsineiden on täytettävä IEC-60903:2014-standardin vaatimukset. Käsineissä on oltava selkeä merkintä, joka ilmaisee niiden jännitteensietoluokan (Unigloves 2021). Tasoluokat on eritelty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Suojakäsineiden tasoluokitus (Unigloves 2021, muokattu).

Tasoluokka	Maksimi jännite AC	Maksimi jännite DC
Taso 00	500 V	750 V
Taso 0	1000 V	1500 V
Taso 1	7500 V	11 250 V
Taso 2	17 000 V	25 500 V
Taso 3	26 500 V	39 750 V
Taso 4	36 000 V	54 000 V

Käsineissä käytetään siis kahta luokitusta ilmoittamaan soveltavuus jännitetyöhön. Merkintätapa on siis kuvan 4 mukainen jännitekolmio, ja lisäksi eri tasoa ilmoittava numerointi.

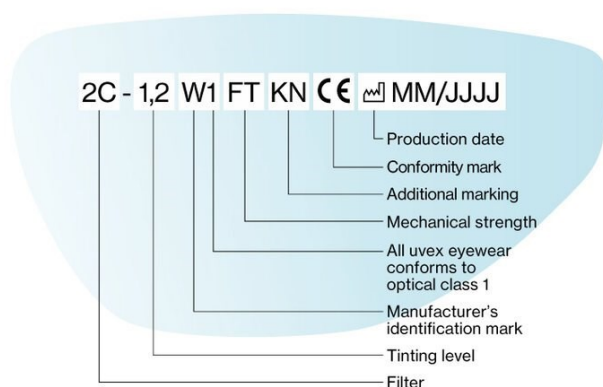


KUVA 4. Jännitesuojakäsineiden merkintä (Ansell n.d).

4.4 Suojalasit




Silmien sekä kasvojen suojaaminen sähkötyöskentelyssä on myös tärkeää. Valokaaresta syntyy voimakkaita UV-säteilyjä sekä lämpötiloja, jonka takia suojalasien on kestävä nämä molemmat. Silmien sekä kasvojen suojaamiseen seurataan kahta määräystä, jotka ovat EN-166 sekä EN-170 (3M suomi 2024).

EN-166 määrää suojalasien yleiset vaatimukset eri työskentelytilanteisiin. Valokaaren suojautumista vastaan suojalaseista täytyy löytyä lisämerkintänumero 8, jolla tarkoitetaan suojausta valokaarta vastaan (3M suomi 2024). Suojalinssien merkintätapa on esitetty kuvassa 5 ja lisäsuojauksen luokitukset kuvassa 6.



KUVA 5. Suojalinssin merkintä EN-166 mukaisesti (Uvex 2024).

Lisäsuojausmerkintä

Marking (Lens)	Protects against			
8	Electric arc			X
9	Molten metal splashes and hot solids		X	X
K	Damage due to fine particles (scratching)	X	X	X
N	Resistance to fogging	X	X	X
R	Enhanced reflection of IR (>60%)	X	X	X

KUVA 6. Lisäsuojamerkitä suojalaseissa (Uvex 2024).

EN-170 asetus tarkoittaa suojalasien vaatimuksia, kun työskennellään ympäristössä, jossa on riski altistua UV-säteilylle. Linssin suodatusvaatimukset on esitetty kuvassa 7.

2	UV protection filter (EN 170)
2C/3	UV protection filter with colour recognition (EN 170)
4	IR protection filter (EN 171)
5	Sunglare filter for industrial use (EN 172)
6	Sunglare filter with infrared requirement

KUVA 7. Suojalinssien suodatus vaatimukset (Uvex 2024).

Valokaaresta syntyvän riskin vuoksi suojalasien tulee täyttää vaatimus 2, jolloin ne suojaavat UV-säteilyä vastaan. Suositeltavaa on käyttää luokitusta 2C/3, jolloin suojalasit eivät vääristä värien näkemistä.

5 TYÖKALUT JA KORJAAMOLAITTEET

Korkeajännitetoissa käytettävien työkalujen valinta on keskeistä sekä työturvallisuuden että työn laadun kannalta. Työkalujen tulee olla korkeajännitetyöskentelyyn soveltuvia, standardien mukaisia ja asianmukaisesti huollettuja. Lisäksi työntekijöiden koulutus työkalujen oikeanlaiseen käyttöön on olennaista tapaturmien ja virheiden estämiseksi. Ajoneuvon valmistaja voi myös edellyttää erikoistyökaluja, joiden hankinta on välttämätöntä turvallisuuden varmistamiseksi (Automotive Industries Association of Canada, 2024).

5.1 Käsityökalut

Korkeajännitetyöhön korjaamon tulee hankkia IEC-60900-standardin mukaiset käsityökalut. Näiden työkalujen on estettävä sähköiskun syntyminen ja tehtävä työskentelystä sähkölaitteiden läheisyydessä turvallista (Koulutusmaailma 2021). Hyväksytyt standardit voivat vaihdella eri maiden välillä, mutta Suomessa ja EU:ssa noudatetaan IEC-60900-standardia. Kuvassa 8 on esitetty tämän standardin mukainen työkalun merkintätapa.

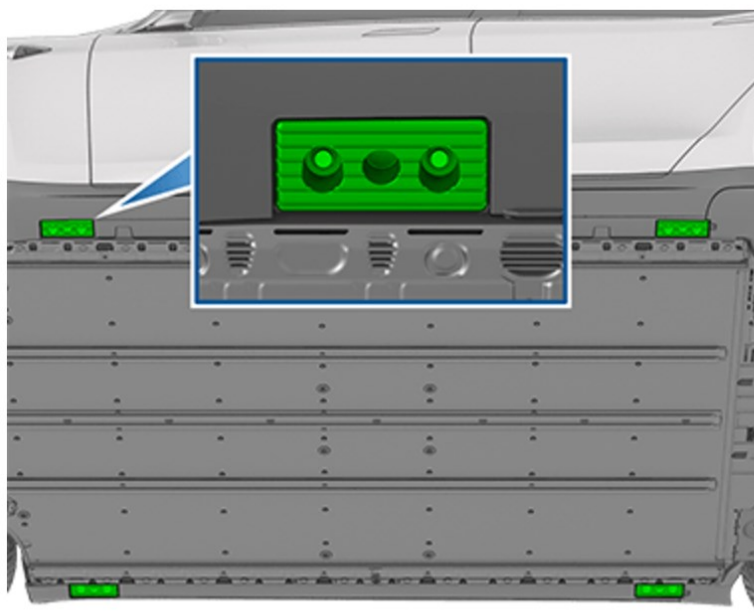


KUVA 8. IEC-60900-2018 mukainen korkeajännitetyökalun merkintä (ISO 2024).

5.2 Nostolaitteet sähkö- ja hybridiajoneuvoille

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjaustöiden turvallisuus ja tehokkuus riippuvat suurelta osin käytettävistä autonostimista. Näiden ajoneuvojen ajoakku sijaitsee usein ajoneuvon pohjassa, mikä vaikuttaa nostokohtien valintaan. Tämän vuoksi autonostimen tulee mahdollistaa joustava nostokohtien säätö. Vääräntilainen nostaminen voi vaurioittaa ajoakkua ja pahimmillaan aiheuttaa sähköiskun. (Nokian Renkaat 2024.)

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen suurempi paino on myös otettava huomioon, sillä ne ovat keskimäärin raskaampia kuin perinteiset polttomoottoriautot, erityisesti akun painon vuoksi. Jos autonostimia päivitetään tai käytetään nykyisiä malleja, on tärkeää varmistaa, että ne kestävät myös painavimpien ajoneuvojen nostamisen. Ajoneuvovalmistajat voivat myös edellyttää erikoistyyppisten nostokumien käyttöä, jotta nostaminen tapahtuu turvallisesti ja oikein (Automotive Industries Association of Canada, 2024). Kuvassa 9 on esitetty Tesla Model S -ajoneuvon nostamiseen liittyvä ohjekuva.



KUVA 9. Teslan nosto-ohjekuva (Tesla n.d).

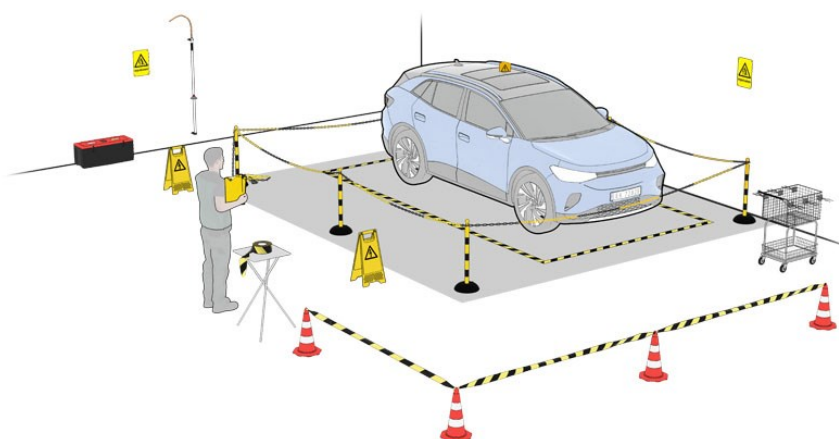
6 KORJAAMOYMPÄRISTÖ

Korjaamoilla työskentelee pääosin useita henkilöitä eri tehtävissä, joten on äärimmäisen tärkeää huolehtia tiedonannosta näiden eri tahojen välillä. Uusien käytäntöjen ja varotoimien opettelu sekä sisäistäminen voi viedä aikaa erityisesti pitkään samaan työympäristöön tottuneilta työntekijöiltä. Ajoneuvoon tehtävät korkeajännitetyöt muuttavat työskentelyä sekä työympäristöä, ja on tärkeää käydä nämä asiat lävitse työntekijöiden kanssa.

6.1 Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen merkintä jännitetyön aikana

Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen määräaikaishuoltaminen tai mekaaninen työskentely niiden parissa ei vaadi mitään erityisiä toimenpiteitä korjaamolta. Aiemmin mainittu SFS 6002 tulee kuitenkin olla työntekijällä suoritettuna, kun työskennellään sähkö- tai hybridi ajoneuvojen parissa.

Ajoneuvon ympäristö tulee korkeajännitetöissä merkitä selkeällä tavalla, sekä asettaa vaarallisesta jännitteestä kertova varoituskilpi näkyvälle paikalle. Yleinen paikka on esimerkiksi ajoneuvon katolla (Rousku & Mäkinen, 110). Kuvassa 10 on havainnollistettu, miten ajoneuvon merkintä tulisi suorittaa.



KUVA 10. Sähköajoneuvon merkintä korkeajännitetöiden aikana (Formac n.d).

6.2 Korjaamohallin ympäristön ja sisätilojen merkintä

Sähkö- ja hybridi ajoneuvojen korkeajännitteiden aikana täytyy myös korjaamohallin ympäristö ja sisätilat merkitä asianmukaisella tavalla. Työntekijöiden sosiaali- ja taukotilat tulee varustaa ensiapuohjetaulukolla. Henkilökunnan kaikki kulureitit korjaamohalliin on merkittävä vaarallisesta jännitteestä varoittavilla kilvillä. Viimeinen varotoimenpide on asettaa ”Asiattomilta pääsy kielletty” -kyltti korjaamohallin pääkulkureiteille. (Rousku & Mäkinen, 110.) Kuvassa 11 on esitetty jännitteestä varoittava kyltti sekä asiattomilta pääsy kielletty -kyltti.



KUVA 11. Korjaamohallin ympäristön merkintäkyltit (Suomen turvakilvet n.d).

6.3 Pelastussuunnitelman päivitys

Tapaturman tai onnettomuuden sattuessa on tärkeää, että kiinteistöllä on mahdollisimman tarkka pelastussuunnitelma. Tämän suunnitelman tarkoituksena on varmistaa, että toiminnanharjoittajalla on käsitys siitä, mitä vaaroja hänen harjoittamansa liiketoiminta mahdollisesti aiheuttaa (Pelastustoimi n.d). Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekorjaamisessa on otettava huomioon mahdollinen korkeajänniteloukkaantuminen sekä riski tulipalon syttymiseen.

Akkupalot ovat harvinaisia, mutta sähkö- ja hybridiajoneuvojen yleistymisen myötä myös näiden lukumäärä on nousussa. Haasteellisen akkupalojen sammuttamisesta tekee niiden sijainti, joka on yleensä ajoneuvon pohjassa tai alustassa. Ajoakkujen palaminen on myös hyvin voimakasta, koska palo saa kaiken tarvitsemansa akusta: hapen, lämmön sekä palavan materiaalin. (Rise 2019, 32.)

Ajoakun tai sähkömoottorin korjaamiseen liittyy oleellisesti sen toiminnan testaaminen ja tarkistaminen. Tähän tarkoitukseen käytettävien tilojen on hyvä olla suunniteltu tällaiseen toimintaan. Tiloissa on hyvä olla alkusammutuskalusto helposti saatavilla sekä asianmukaiset suojavälineet turvalliseen työskentelyyn (Tuukes 2019). Tämän lisäksi asianmukainen ilmanvaihto ja mahdollisuus poistaa palava materiaali nopeasti tilasta on suositeltavaa.

Palamisen aikana syntyvä savu on vaarallista. Riippuen akun tyypistä, voi palamisen aikana ilmaan päästä hyvinkin vaarallisia kaasuja, kuten vetyfluoridia, joka on hyvin vaarallista sekä hengitettynä että ihokosketuksessa (Rise 2019, 46). Tämän vuoksi korjaamalla tulee olla asianmukainen savunpoistojärjestelmä, jonka toimivuus tulee tarkistaa säännöllisesti.

7 VARASTOINTI, LOGISTIIKKA JA KIERRÄTYS

Autokorjaamossa on monia osa-alueita, joihin mahdollinen korkeajännitekomponenttien korjaaminen vaikuttaa. Eri osa-alueiden muuttaminen ja päivittäminen täytyy ottaa huomioon korjaamon päivittämisessä ja ennenaikainen suunnittelu helpottaa huomattavasti uuden liiketoiminnan aloittamisen.

7.1 Korkeajännitekomponenttien varastointi

Korjaamolle syntyy väistämättä tarve varastoida yksittäisiä komponentteja ja tarvikkeita liittyen sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaamiseen. Korkeajännitekomponenttien, kuten ajoakkujen, varastoinnissa on otettava huomioon niiden aiheuttama paloturvallisuusriski, kemialliset vaarat, räjähdysvaarat sekä sähköiskuvaarat. (Tukes 2019.) Suomessa ei ole säädetty lakia, joka määrittää, miten korkeajännitekomponentteja tulisi varastoida, mutta Tukes on asettanut useita säännöksiä ja hyviä käytäntöjä tähän liittyen.

Uudet ja käytetyt ajoakut sekä yksittäiset kennot on hyvä pitää erillisessä paloturvallisessa tilassa mahdollisimman kaukana helposti palavista materiaaleista. Myös uudet, vialliset ja kunnostettavaksi tarkoitettavat ajoakut on tärkeää säilyttää erillään toisistaan. Tämä vähentää palon leviämisen riskiä akkupalotilanteessa ja parantaa siten paloturvallisuutta. Mikäli varastoitava määrä on huomattava, on suositeltavaa asentaa tilaan automaattinen sammutusjärjestelmä mahdollisen tulipalon varalta (Tukes 2019).

7.2 Varaosien logistiikka

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekomponenttien, kuten litiumakkujen, kuljettaminen varaosatoimittajalle tai muuhun kohteeseen edellyttää perehtymistä VAK-lainsäädäntöön. Lähettäjä on ensisijaisesti vastuussa lähettämästään tavarasta, joten kuljetus on toteutettava turvallisesti ja määräysten mukaisesti. (Presto n.d.)

Mikäli lähetettävä varaosa sisältää litiumia tai muita vaarallisia kemikaaleja, se luokitellaan VAK-luokkaan 9. Tällöin lähetykseen on liitettävä asianmukaiset varoitusmerkinnät, kuten kuvassa 12 ja kuvassa 13 on esitetty (Tukes n.d).



KUVA 12. VAK-kuljetusluokitus nro 9 (Tukes n.d).



KUVA 13. Litiumakkujen merkintälipuke (Tukes n.d).

Kuljetuksessa on tärkeää varmistaa, että tavara on pakattu asianmukaisesti luokituksen mukaisella tavalla. Litiumakkujen osalta lähettäjän on huolehdittava, että akku on suojattu iskuilta ja muilta vaurioilta kuljetuksen aikana. Pakkaus on valittava kuljetettavan tavaran vaaraominaisuuksien mukaan, ja sen on täytettävä kyseisen pakkausryhmän (I, II tai III) vaatimukset. Tämä varmistaa kuljetuksen turvallisuuden ja vähentää vahinkoriskiä. (Tukes n.d.)

7.3 Kierrätysvelvoite

Autokorjaamon toiminnasta syntyy väistämättä jätettä, eikä sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekorjaus ole poikkeus. Suomessa jätelaki (17.6.2011/676) määrittää jätteiden käsittelyn periaatteet 8 §:ssä seuraavasti:

Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava seuraavaa etusijajärjestystä: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä. (Jätelaki 17.6.2011/676.)

Kuten lainsäädäntö määrää, jätteen haltijan on huolehdittava jätteen asianmukaisesta jatkokäsittelystä tai kierrätyksestä. Tämä vaatimus koskee myös sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitekomponentteja.

Suomessa Suomen Autokierrätys vastaa pääasiassa ajoneuvojen romuttamisesta. Organisaation kautta koko ajoneuvo voidaan kierrättää tehokkaasti ja turvallisesti. Ajoakkujen kierrätyksessä otetaan talteen kaikki materiaalit, mukaan lukien kennojen sisältämät arvometallit, kuten litium ja koboltti. Lisäksi maahan tuojan valtuuttamat merkkikorjaamot ovat velvollisia vastaanottamaan käytöstä poistettuja ajoakkuja. (Autokierrätys n.d.)

Korkeajännitekomponenttien asianmukainen kierrätys on välttämätöntä sekä ympäristön että työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi. Tämä korostaa sähkö- ja hybridiajoneuvojen huollossa ja korjauksessa kestävien ja vastuullisten toimintatapojen merkitystä.

8 POHDINTA

Autokannan sähköistyminen on käynnissä, eikä hidastumisen merkkejä ole tällä hetkellä näkyvissä. Viime aikoina monet autovalmistajat ovat kuitenkin peruuttaneet aiempia lausuntojaan sähköistymisestä ja alkaneet kehittää vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Opinnäytetyössä keskityttiin tämänhetkisiin haasteisiin ja säännöksiin, mutta alan jatkuva kehittyminen voi muuttaa tilannetta merkittävästi. Esimerkiksi sähkö- ja hybridi ajoneuvojen ajoakkujen korjaaminen on kirjoitushetkellä erittäin kallista. Suomen tieliikennekelpoisten autojen keski-ikä oli vuonna 2022 keskimäärin 12,9 vuotta (Tilastokeskus 2024). Tämän ikäisten sähkö- ja hybridi ajoneuvojen ajokut ovat jo valmistajan takuun ulkopuolella, ja niiden käyttöikä lähestyy loppuaan.

Sähkö- ja hybridi ajoneuvoissa käytetään edistyneimpiä komponentteja ja uusimpia innovaatioita. Tästä syystä monet valmistajat eivät ole luovuttaneet komponenttejaan jälkimarkkinoille eivätkä hyväksy kolmannen osapuolen varaosia käytettäväksi ajoneuvoissaan. Kirjoitushetkellä varaosia onkin saatavilla pääasiassa valmistajilta, ja niiden hankkiminen edellyttää usein dokumentaatiota tai sopimuksia. Tämä tuo lisähaastetta korkeajännitekomponenttien korjaamiseen.

Tiedonhankinta ja sen hyödyntäminen olivat työn suurimpia haasteita. Sähkö- ja hybridi ajoneuvot ovat kirjoitushetkellä merkittävä markkinointivaltti lähes kaikille tunnetuille ajoneuvovalmistajille. Valmistajien halu suojella tietoaan kilpailijoilta tekee virallisten tietojen saamisesta vaikeaa. Lisäksi osa verkosta löytyvästä tiedosta saattaa olla julkaistu ilman lupaa, mikä asettaa eettisiä ja luotettavuuteen liittyviä kysymyksiä. Tämän vuoksi oli olennaista arvioida kriittisesti lähteiden luotettavuutta ja hyödyntää ensisijaisesti julkisesti saatavilla olevia ja varmistettuja tietoja.

Mikäli autokorjaamon yrittäjä on halukas aloittamaan sähkö- ja hybridi ajoneuvojen korkeajännitekomponenttien korjaamisen, olisi hänen tärkeää tehdä kartoitus asiakasmääristä, kannattavuuslaskelma sekä varmistaa luotettava varaosaketju.

Alan sähköistyminen etenee nopeasti, ja onnistuminen edellyttää yrittäjiltä sekä tarkkaa suunnittelua että joustavuutta mukautua uusiin vaatimuksiin.

LÄHTEET

3msuomi. 2024. Työntekijöiden terveys ja turvallisuus. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2024.

https://www.3msuomi.fi/3M/fi_FI/tyoturvallisuus/henkilonsuojusratkaisut/silmiensuojaus/lainsaadanto/

Activegroup. 2024. Electric vehicle repair. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2024.

[https://www.activate-group.com/news-insights/electric-vehicle-ev-repair/#Here are 4 things mechanics will need in order to repair electric vehicles%E2%80%A6](https://www.activate-group.com/news-insights/electric-vehicle-ev-repair/#Here%20are%204%20things%20mechanics%20will%20need%20in%20order%20to%20repair%20electric%20vehicles%E2%80%A6)

Ahlsell. n.d. Jännitetyökäsine. Pdf-tiedosto. Viitattu 6.12.2024.

<https://www.ahlsell.fi/api/product/724124/createPdf?withPrice=false>

Alternative fuels data center. 2024. How do hybrid electric cars work? Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024.

<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>

Autoalan tiedotuskeskus. Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2024.

https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys

Autokierrätys. n.d. Sähköauton ajovoima-akkujen kierrätys. Verkkosivu. Viitattu 6.12.2024.

https://autokierratys.fi/kiertotalouden_arkea/nain-sahkoautojen-ajovoima-akut-kierratetaan/

Automotive Industries Association Of Canada.2024. Lifting vehicles with high-voltage batteries. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2024.

<https://www.aiacanada.com/news/lifting-vehicles-with-high-voltage-batteries-what-you-need-to-know/>

Automotive Industries Association Of Canada.2024. Working with high voltage vehicles: Special tools and equipment. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2024.

<https://www.aiacanada.com/news/working-with-high-voltage-vehicles-special-tools-and-equipment/>

Formac. n.d. Sähköautojen turvallisuus korjaamoissa. Verkkosivu. Viitattu 27.9.2024.

<https://www.formac.fi/selection/sahkoautojen-turvallisuus-korjaamoissa-13>

Fristads. n.d. Tietoa standarteista. Verkkosivu. Viitattu 22.9.2024.

<https://www.fristads.com/fi-fi/iec-61482-2>

Greenvehicleguide. Hybrid vehicles. 2024. Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024.

<https://www.greenvehicleguide.gov.au/pages/LowAndZeroEmissionVehicles/HybridVehicleInformation>

IEC. 2018. International Standard. Pdf-dokumentti. Viitattu 22.9.2024.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/22275/b879c6924a3840beaf7df094db340180/IEC-60900-2018.pdf>

IEC. 2024. At the Beginning. Verkkosivu. Viitattu 22.9.2024.
<https://www.iec.ch/history/how-why-iec-was-started>

ISO online browsing platform. n.d. IEC 60417. Verkkosivu. Viitattu 22.9.2024.
<https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5216>

Keba. 2024. Advantages of High Voltage in Electric Vehicle Designs. Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024.
<https://www.kebamerica.com/blog/advantages-of-high-voltage-in-electric-vehicle-designs/>

Koulutusmaailma. 2021. SFS 6002 sähkötyöturvallisuus. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2024.
<https://koulutusmaailma.fi/fi/news/sfs-6002>

Mckinsey & Company. 2023. What is an EV. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2024.
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-an-ev>

Motiva. n.d. Sähköauton valinta ja käyttö. Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024.
<https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/sahkoautoillen-arjen-alykas-sahkoautoilu/sahkoauton-tekniikka-ja-akku>

Nokian renkaat. 2024. Sähköauton renkaanvaihto. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2024.
<https://www.nokianrenkaat.fi/rengasvinkit/renkaiden-hoito-ja-huolto/sahkoauton-renkaanvaihto/#64a3de42>

Pelastustoimi. n.d. Pelastussuunnitelman laatiminen. Verkkosivu. Viitattu 6.12.2024.
<https://pelastustoimi.fi/asiointi/pelastussuunnitelma>

Presto. n.d., Akkujen kuljetuskoulutus. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2024.
<https://www.presto.fi/litiumakkujen-kuljetukset>

Punainenristi. n.d. Ensiapukoulutukset. Verkkosivu. Viitattu 12.9.2024.
<https://rednet.punainenristi.fi/node/5403>

Rise. 2019. Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles. Pdf-tiedosto. Viitattu 26.10.2024.
<https://www.nafi.info/wp-content/uploads/2019/07/Fire-safety-batteries-RISE.pdf>

Rousku H & Mäkinen P. 2021. SFS 6002 käytännössä. Turvallinen toiminta & sähköajoneuvoa koskevat työt. 39. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 19.9.2024.

Sesko. n.d. Sähkötekniikan peruskäsitteet. pdf-tiedosto. Viitattu 25.11.2024.
https://sesko.fi/wp-content/uploads/2021/12/Peruskasitteet_osa1_jannitteet_2020.pdf

Sonepar. n.d. Valokaareilta suojautuminen. Verkkosivu. Viitattu 19.9.2024.
<https://ideat.sonepar.fi/valokaareilta-suojautuminen/>

Suomen turvakilvet. n.d. Varoitusmerkit. Verkkosivu. Viitattu 11.10.2024.
<https://www.turvakilvet.fi/10-186-Varo-vaarallinen-jaennite>

Sähköturvallisuuslaki. 16.12.2016/1135. Verkkosivu. Viitattu 12.9.2024.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135#L4>

Tesla. n.d. Nostaminen autonosturilla. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2024.
https://www.tesla.com/ownersmanual/models/fi_fi/GUID-9E6DD5CB-40BA-4A29-B20D-457303555037.html

Tukes. 2019. Teollisuuden litium akut ja turvallisuus. Pdf- tiedosto. Viitattu 27.11.2024.
<https://tukes.fi/documents/5470659/6372809/Teollisuuden+akkuturvallisuus-opas/68c21eee-cc0f-8184-bed4-aa71e83140b1/Teollisuuden+akkuturvallisuus-opas.pdf>

Tukes. n.d. Vak luokitukset. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2024.
<https://tukes.fi/vak/vak-luokitukset#069a4776>

Työ ja Elinkeinoministeriö. n.d. Työntekijöiden osaamisen kehittäminen ja ylläpitäminen. Verkkosivu. Viitattu 12.9.2024.
<https://tem.fi/tyontekijoiden-osaamisen-kehittaminen>

Työturvallisuuslaki. 23.8.2002/738. Verkkosivu. Viitattu 12.9.2024.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L2P8>

U.S. Department Of Transportation. 2024. Vehicle types. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2024.
<https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/vehicle-types>

Unigloves. 2021. EN 60903 standard. Verkkosivu. Viitattu 11.10.2024.
https://uk.unigloves.com/blogs/news/eu-standard-en60903-for-electrical-insulating-gloves?srsltid=AfmBOoq9DsKNly2L1ro1DnyR8kxzsaiQibpnyik-MTpFH_r2W6ypuHd

Uvex. 2024. Safety glasses standards. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2024.
<https://www.uvex-safety.com/en/knowledge/safety-standards/safety-glasses/>

VDE. 2024. Marks and Certificates. Verkkosivu. Viitattu 22.9.2024.
<https://www.vde.com/tic-en/marks-and-zertificates/certification-marks-and-attestations>

Workmaster. n.d. Insulating footwear. Pdf-tiedosto. Viitattu 11.10.2024.

https://www.respirex.com/application/files/1316/5399/7508/Dielectric_Footwear_Brochure_EN.pdf