

Eetu Koukonen

# Hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus korjaamolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

27.5.2013

## **Alkulause**

Tämä insinööri työ tehtiin yhteistyössä Toyota Itäkeskuksen kanssa.

Haluan kiittää projektissa mukana ollutta Toyota Itäkeskuksen henkilökuntaa, eritoten jälkimarkkinointipäällikkö Arttu Airistoa sekä mekaanikko Kari Pelkosta.

Suuret kiitokset kuuluvat myös Metropolia ammattikorkeakoulun autoelektroniikan lehtori Vesa Linja-aholle.

Helsinki 27.5.2013

Eetu Koukonen

Tekijä(t) Otsikko	Eetu Koukonen Hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus korjaamolla
Sivumäärä Aika	40 sivua 27.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Jälkimarkkinointipäällikkö Arttu Airisto, Toyota Itäkeskus Autoelektroniikan lehtori Vesa Linja-aho, Metropolia
<p>Tässä insinööriyössä tarkastellaan hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuutta korjaamoilla. Tavoitteena oli tarkastella asiaa sekä lakien että myös käytännön näkökulmasta. Työssä koottiin kaikki autoalaa koskevat sähkötyöturvallisuuslait ja säädökset yksiin kansiin, minkä jälkeen selvitettiin määräysten noudattamista korjaamoilla. Lisäksi tehtiin esimerkkisuoritus oikeaoppisesta jännitteettömäksi tekemisestä.</p> <p>Työ toteutettiin yhteistyössä Toyota Itäkeskuksen kanssa. Koko opinnäytetyön idea lähti liikkeelle toiveesta tutkia yrityksen toimintaa sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta. Ensin kaikki kirjallinen aineisto koottiin yhteen ja jäseneltiin havainnollisemmin autoalan tarpeita mieltien. Kun lait ja määräykset oli saatu selvitettyä, tarkasteltiin, kuinka kyseiset määräykset oli hoidettu Toyota Itäkeskuksessa. Myös esimerkkisuoritus hybridiajoneuvon jännitteettömäksi tekemisestä toteutettiin kyseisessä toimipisteessä.</p> <p>Lopputuloksena on saatu koottua kaikki autoalaa koskevat lait ja määräykset. Selvitys osoitti, että aivan kaikkia asioita ei tähän mennessä ole tehty lain määräämällä tavalla. Työn pohjalta päästiin korjaamaan asiat, jotka eivät olleet määräysten mukaisia. Työn tuloksena Toyota Itäkeskusta voidaan pitää taas parempana ja turvallisempaa työpaikkana henkilökunnalle.</p>	
Avainsanat	hybridiajoneuvo, työturvallisuus, sähkötyöturvallisuus

Author(s) Title	Eetu Koukonen Electric Work Safety with Hybrid Vehicles at Workshop
Number of Pages Date	40 pages 27 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Arttu Airisto, After-sales Manager Vesa Linja-aho, Senior Lecturer in Automotive Electronics
<p>In this Bachelor's thesis in engineering hybrid vehicle electrical safety at workshop is reviewed. The objective was to review and find out all the laws and specifications which apply to automobile industry in Finland. One of objectives was also that the things would be tested in a real life situation. Also an example performance of making a hybrid vehicle tensionless was done.</p> <p>This thesis was carried out in co-operation with Toyota Itäkeskus. The whole idea of the thesis started from a practical need for new regulations in automobile industry. At first all the written material was gathered up and analyzed. When all the laws and specifications were clarified, they were tested at Toyota Itäkeskus. Also making a hybrid vehicle tensionless was carried out at the same place.</p> <p>The final result of the thesis is a document which contains all the laws and regulations of electric work safety at a workshop. As the result of this Bachelor's thesis it was noticed that all the regulations were not followed in workshops. That was the whole idea why this bachelor's thesis was started in the first place so that all such faults would be fixed. This thesis should help Toyota Itäkeskus to continue improving as a safe workplace.</p>	
Keywords	hybrid vehicle, work safety, electrical safety

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Työn kuvaus	2
2	Sähkön vaarat	3
2.1	Yleistä tietoa sähkön vaaroista	3
2.2	Ensiapu sähkötapaturmassa	5
3	Lainsäädäntö	8
3.1	UNECE R 100	8
3.2	Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002	9
3.2.1	Henkilöiden määritelmät	10
3.2.2	Ensiapuvaatimus	10
3.2.3	Työalue	12
3.2.4	Työkalut, varusteet ja laitteet	12
3.2.5	Kilvet ja varoitukset	13
3.2.6	Jännitteettömäksi tekeminen	14
3.3	KTMp 516	15
4	Vaatimukset käytännössä	16
4.1	Pistoliitinkojeiden vaihto	16
4.2	Sähkötöiden johtaja	16
4.3	Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja	17
4.4	Autosähköalan ammattihenkilö	17
4.5	Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu S3 – Sähköautopätevyys 3	19

4.6	Sähkötyöturvallisuuskoulutus	21
5	Yhteenveto vaatimuksista korjaamalla	21
6	Käytännön toteutukset Toyota Itäkeskuksessa	22
6.1	Henkilöstön koulutukset ja luvat	22
6.1.1	SFS 6002	22
6.1.2	Ensiapukoulutus	22
6.1.3	Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu sähköpätevyys 3	23
6.1.4	Sähkötöiden johtaja	23
6.2	Työalue, työkalut, varusteet ja laitteet	23
6.2.1	Sähkötyöalue	23
6.2.2	Sähkötyökalut	25
6.2.3	Henkilösuojaimet	26
6.3	Vaadittavat investoinnit	27
6.4	Tulevaisuuden näkymät	28
7	Jännitteettömäksi tekeminen	29
7.1	Esivalmistelut	29
7.2	Työn suoritus	30
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	39

## Lyhenteet

V	Voltti. Jännitteen yksikkö
Ohm ( $\Omega$ )	Ohmi. Resistanssin yksikkö
A	Ampeeri. Virran yksikkö
SPR	Suomen Punainen Risti
EA	Lyhenne ensiavusta
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
Seti	Turvallisuus- ja kemikaaliviraston nimeämä puolueeton ja riippumaton sähköturvallisuuslakien mukaisten sähköpätevyydistusten arvioija
STT	Sähköturvallisuustutkinto

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus korjaamalla. Työssä tullaan tarkastelemaan ja kokoamaan kaikki autoalaa koskevat sähkötyöturvallisuusmääräykset sekä lait yksiin kansiin. Työn loppupuolella tarkastellaan myös kyseisten lakien ja määräysten noudattamista käytännön korjaamotoiminnassa.

### 1.1 Tausta

Hybridiajoneuvojen suosio on ollut nopeassa kasvussa viime vuosien aikana. Kun vuonna 2006 hybridikäyttöisiä henkilöautoja oli ajoneuvokannassa 224 kappaletta, oli niitä vuonna 2012 ajoneuvokannassa jo 6114 kappaletta. Hybridiajoneuvojen lisääntynyt määrä näkyy suoraan myös korjaamotoiminnassa. Hybridiajoneuvojen huolto- ja korjaustyöt lisääntyvät samassa suhteessa myytyjen hybridiajoneuvojen kanssa. [1.]

Koska hybridiajoneuvojen tekniikka poikkeaa jossain määrin normaalista, pelkästään polttomoottorilla varustetusta ajoneuvosta, on niiden korjausten suhteen tehtävä myös muutoksia verrattuna perinteisiin polttomoottoriajoneuvoihin. Nykyisten hybridiajoneuvojen korkeajänniteakustoissa on jo usean sadan voltin jännite, joka voi aiheuttaa mekaanikolle hengenvaaraa huolimattoman työn seurauksena.

Perinteisten polttomoottoriajoneuvojen korjaamisessa ei ole tarvinnut ottaa huomioon sähköturvallisuusmääräyksiä, johtuen niiden matalasta 12 V:n jännitteestä. Hybridikaluston lisääntyessä ovat viranomaiset kuitenkin joutuneet pohtimaan autoalan sähköpätevyysvaatimuksia uudesta näkökulmasta. Tämän kaiken seurauksena, kesällä 2012, saatiin päätökseen neuvottelut, joissa päätettiin autoalan sähköturvallisuutta koskevat määräykset. Tätä insinööriyötä tehdessä, keväällä 2013, tarkentuivat vielä säädökset koskien autosähköalan työkokemusta. [2, s. 6–7.]

Koska lait sekä asetukset ovat vasta valmistuneita ja voimaan astuneita, on hyvin todennäköistä, että asiat tulevat vielä muuttumaan tämän hetken toteutuksista. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä asiat käsitellään kevään 2013 voimassa olevien lakien ja muiden säädösten mukaan.



## 1.2 Tavoitteet

Tämän insinööriyön tavoitteena on aikaansaada ehjä kokonaisuus lakipykälästä, asetuksista ja säädöksistä, jotka koskevat hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuutta korjaamoilla. Koska sähköturvallisuusmääräysten noudattaminen autoalalla on vasta astunut voimaan, autoalaa koskevien määräysten kokoaminen yhteen kansiin on todennäköisesti tarpeen.

Kun lait, asetukset ja määräykset on selvitetty, otetaan Toyota Itäkeskuksen toimipiste tarkastelun alle. Tavoitteena on käydä jokainen yritystä koskeva lakipykälä läpi ja varmistua siitä, että voimassaolevia sähköturvallisuusmääräyksiä varmasti myös noudatetaan.

Vaikka jokaisella valmistajalla onkin omat ajoneuvokohtaiset ohjeet hybridiajoneuvon jännitteettömäksi tekemiseen, tämän insinööriyön lopussa kuvataan niin sanotusti oikeaoppinen jännitteettömäksi tekeminen. Koska kaikissa hybridiajoneuvoissa jännitteettömäksi tekeminen suoritetaan samantyyppistä kaavaa noudattaen, voidaan suoritusta pitää yleisenä sähkötyöturvallisuusohjeena jännitteettömäksi tekemisessä.

## 1.3 Työn kuvaus

Insinööriyö tehtiin yhteistyössä Toyota Itäkeskuksen kanssa. Koko insinööriyön idea syntyi tarpeesta varmistua turvallisesta toiminnasta hybridiajoneuvojen huolloissa korjaamolla.

Työnteko aloitettiin perusteellisella pohjatiedon tutkimisella ja voimassaoleviin lakeihin tutustumalla. Tämän jälkeen kaikki autoalaa koskevat määräykset kasattiin yhteen ja lajiteltiin aihealueittain selvyuden parantamiseksi.

Kirjallisen osuuden jälkeen siirryttiin käytännön tehtäviin. Selvitettyjen lakien ja määräysten noudattaminen käytännössä varmistettiin Toyota Itäkeskuksella ja käytännön jännitteettömäksi tekeminen suoritettiin myös samassa paikassa.

## 2 Sähkön vaarat

### 2.1 Yleistä tietoa sähkön vaaroista

Kuten kaikki tiedämme, sähkö on vaarallista ihmiselle. Sähkö vaikuttaa ihmiskehoon monin eri tavoin: valovaikutus, lämpövaikutus, magneettinen vaikutus, kemiallinen vaikutus sekä myös fysiologinen vaikutus. Koska ihmiskeho toimii sähköimpulsseja apunaan käyttäen liikuttaakseen tietoa aivojen ja elimistön välillä, voi ulkoinen sähkövirta häiritä kehon normaaleja toimintoja. [3.]

Riittävän voimakas ulkoinen sähkövirta voi aiheuttaa ihmiskehossa lievimmillään pelkästään tunnettavan näpytyksen (tuntoraja). Voimakkaampi aste on se, että henkilö tarttuu kiinni sähkölaitteeseen eikä pysty päästämään siitä irti lihaskouristuksen vaikutuksesta johtuen (kouristusraja). Vakavimmassa tapauksessa henkilö altistuu niin voimakkaalle sähkövirralle, että siitä aiheutuu sydänkammiovärinä tai sydänpysähdys (sydänkammiovärinäraja). Voimakas virta voi myös aiheuttaa sekä sisäisiä, että ulkoisia palovammoja kehoon. Myös nesteiden kiehuminen ja siitä aiheutuva solujen vaurioituminen voi olla osa voimakkaan virran aikaansaamaa tuhoa. [3.]

Sähkön vaikutuksen voimakkuuteen vaikuttavat esimerkiksi virran voimakkuus, kesto-aika sekä taajuus. Kaikkein vaarallisinta sydämen toiminnalle on alle 100 hertsin vaihtojännite, tasajännite sekä vaihtovirta suurella taajuudella eivät aiheuta sydänkammiovärinää niin helposti. Seuraavassa taulukossa on lueteltu virran voimakkuuden ja kestoajan suhteen vaikutus ihmiskehoon. [2, s. 58.]

Taulukko 1. Vaihtovirran vaikutukset ihmiskehoon [4].

Virta ( $I_{RMS}$ )	Kesto-aika	Vaikutus ihmisen kehossa
0–1mA	Ei ratkaisevaa	Alue ulottuu tuntorajalle. Virran vaikutus ei ole huomattava.
1–15mA	Ei ratkaisevaa	Alue ulottuu kouristuskynnyksen yli. Kouristusrajan yläpuolella irrottautuminen itse ei ole mahdollista. Voimakkaita kipuja.
15–30mA	Minuutteja	Voimakkaita supistuksia lihaksissa, hengitysvaikeuksia sekä kohonnut verenpaine. Sietoraja.
30–50mA	Sekunneista minuutteihin	Epäsäännöllinen sydäntoiminta, kohonnut verenpaine, voimakkaita kouristuksia, tajuttomuus sekä sydämen kammiovärinä on mahdollinen.
50–200mA	Lyhyempi kuin sydänjakso	Ei kammiovärinää. Voimakas shokkivaikutus.

	Pidempi kuin sydänjakso	Sydämen kammiovärinä. Jännitteen kytkeytymisajankohta sydäntoiminnan vaiheeseen ratkaise. Tajuttomuus. Iholla virran aiheuttamia jälkiä.
>200mA	Lyhyempi kuin sydänjakso	Sydämen kammiovärinä. Jännitteen kytkeytymisajankohta sydäntoiminnan vaiheeseen ratkaise. Tajuttomuus. Iholla virran aiheuttamia jälkiä.
	Pidempi kuin sydänjakso	Reversiibeli sydämen pysähdys. Alue, jossa kammiovärinän poistaminen sähkövirran avulla tapahtuu. Tajuttomuus. Iholla virran aiheuttamia jälkiä.

Tasavirran ja vaihtovirran vaikutukset ihmiskehoon ovat hieman erilaiset toisistaan. Tasavirtasähköiskun saadessaan henkilön on helpompi irtautua jännitteisistä osista sekä kammiovärinän riski on huomattavasti pienempi kuin vaihtovirralla.

Ihmiselle vaarallisen jännitteen raja onkin vaikeampi selvittää. Kehon läpi kulkevan virran voimakkuus määräytyy jännitteestä sekä ihon ja kehon yhteisestä resistanssista. Ihon resistanssi riippuu vaikuttavasta jännitteestä ja ihon kosteudesta. Jännitteen suurentuessa ihon resistanssi pienenee, kunnes yli 500 V:n jännitteillä ihon resistanssilla ei ole juuri enää mitään merkitystä. Virran kulkutien resistanssiin vaikuttaa siis

- kosketuspinta-ala
- kosketuspaikkojen sijainti
- ihon kosteus
- puristusvoima
- jännitteen vaikutusaika
- kosketusjännite. [2, s. 59.]

Jännitteen kasvaessa ihmiskehon resistanssi pienenee. Tämä johtaa siihen, että jännitteen kaksinkertaistuessa virta suurenee yli kaksinkertaiseksi. Tavallista yleismittaria käyttämällä oman kehon resistanssiksi kädestä käteen voi hyvinkin saada jopa satoja kilo-ohmeja. Pitää kuitenkin muistaa, että yleismittarin käyttämä mittausjännite on vain muutamia voltteja. Todellisen sähköiskun jännite on yleensä huomattavasti suurempi, jolloin myös resistanssi pienenee ja kehon läpi menevä virta suurenee. [2, s. 59.]

Jos ihon resistanssia ei huomioida, kehon resistanssit ovat keskimäärin

- välillä käsi-käsi tai käsi-jalka  $R \sim 1200 \Omega$
- välillä käsi-jalat  $R \sim 950 \Omega$
- välillä kädet-jalat  $R \sim 600 \Omega$

Esimerkkinä laskettakoon virta tapaturmassa, jossa Toyota Prius+:n korkeajänniteakustosta saadaan sähköisku jonka kulkureitti on kädestä käteen.

$$I = \frac{201,6 \text{ V}}{1200 \Omega} = 168 \text{ mA}$$

Tulokseksi saatu 168 mA:n virta siis kulkee kehossa sydämen ohi ja on todellakin hengenvaarallinen.

## 2.2 Ensiapu sähkötapaturmassa

Ensiaputilanteessa kaikkein tärkeintä on muistaa katkaista jännite virtapiiristä. Tällä estetään auttavien henkilöiden joutuminen sähköiskun vaaraan. Sähköiskun saaneen elottoman henkilön ennuste on parempi kuin tavanomaisen sydänpysähdyspotilaan, joten nopean ensiavun merkitys korostuu entisestään. [2, s. 58.]

Tapaturman sattuessa ensimmäisenä tulee hoitaa elottoman näköiset henkilöt. Kammiovärinä- tai sydänpysähdyspotilaan ensiapuna käytetään puhallus-paineluevitystä. Täten aivoille saadaan riittävästi verta, kunnes ensiapuhenkilökunta saapuu paikalle. Sähköiskussa pysähtynyt sydän saattaa käynnistyä uudelleen puhallus-paineluevityksen avulla. Sydänkammiovärinän hoitoon tarvitaan usein defibrillattoria. [2, s.58.]

Tukesin verkkosivuilta löytyy hyvä ja tiivis ensiapuohje sähkötapaturmiin:

1. Tee nopea tilannearvio.
2. Katkaise virta ja irrota loukkaantunut vaarantamatta itseäsi.

- Katkaise virta kytkimellä, irrottamalla pistotulppa tai vastaavalla tavalla.
- Ellei virtaa saada nopeasti katkaistua, irrota loukkaantunut eristävällä välineellä, esim. kuivalla laudanpätkällä, narulla tai vaatteella.
- Älä koskaan käytä irrottamiseen kosteaa tai metallista esinettä.
- Suurjännitetaaturmissa, et voi aloittaa varsinaisia pelastustoimia ennen kuin sähköalan ammattihenkilö on katkaissut virran.

### 3. Tarkista autettavan tila

- Kun henkilö menettää äkillisesti tajuntansa tai näyttää elottomalta, selvitä heti, onko hän herätettävissä puhuttelemalla tai ravistelemalla

### 4. Hälytä apua...112

- Jos hän ei herää eikä reagoi käsittelyyn, huuda apua ja pyydä joku paikalla olevista tekemään hätäilmoitus numeroon 112. Jos olet yksin, tee hätäilmoitus itse. Noudata hätäkeskuksen ohjeita.

### 5. Anna ensiapua

- Avaa hengitystiet ja tarkista hengitys: Kohota toisen käden kahdella sormella leuan kärkeä ylöspäin ja taivuta päätä taaksepäin toisella kädellä otsaa painaen. Katso liikkeuko rintakehä, kuuluuko normaali hengityksen ääni tai tuntuuko poskellasi ilman virtaus.
- Jos henkilö hengittää normaalisti, käännä hänet kylkiasentoon hengityksen turvaamiseksi. Valvo hengitystä ammattiavun tulloon saakka.
- Jos hengitys ei ole normaalia, aloita paineluelvytys. Aseta toisen käden kämmenen tyvi keskelle rintalastaa ja toinen käsi sen päälle. Painele 30 kertaa käsivarret suorina rintalastaa mäntämäisellä liikkeellä painelutajuudella 100 kertaa minuutissa. Anna rintakehän painua noin 4-5 cm.
- Jatka puhalluselvytyksellä. Avaa hengitystiet uudestaan. Kohota toisen käden kahdella sormella leuan kärkeä ylöspäin ja taivuta päätä taaksepäin toisella kädellä otsaa painaen. Sulje sieraimet peukalolla ja etusormella. Paina huulet tiiviisti henkilön suulle ja puhalla 2 kertaa ilmaa keuhkoihin, seuraa samalla rintakehän liikkumista.
- Jatka painelu-puhalluselvytystä vuorottelemalla rytmiiä 30 painelua, 2 puhallusta, kunnes vastuu siirtyy ammattihenkilölle, hengitys palautuu tai et enää jaksa elvyttää. [5.]

Sokkivaikutus ilmenee usein sähkötapaturmissa, joiden virta on yli 50 mA, mutta sen kestoaika on lyhyempi kuin sydänjakso. Ilman ensiapua sokki voi kehittyä pahemmaksi ja se saattaa jopa johtaa tajuttomuuteen. Sokin oireita ovat usein

- huimaus
- jano
- nopea ja pieneä tuntuva syke
- kalpea ja kylmänhikinen iho. [5.]

Tukesin verkkosivuilta löytyy ohje myös sokin ensiapuun:

- aseta autettava makuulle
- nosta jalat koholle
- sokkipotilas palelee - pidä hänet lämpimänä huovalla, takilla tai lämpöpeitteellä
- esiinny rauhallisesti
- huolehdi avun hälyttämisestä
- älä jätä sokissa olevaa yksin, ellei se ole välttämätöntä esimerkiksi avun hankkimiseksi. [5.]

Sähkötapaturman jälkeen uhri tulisi toimittaa välittömästi jatkohoitoon, vaikka näkyviä vammoja ei olisikaan. Näkyvien vammojen lisäksi tulee selvittää myös mahdolliset hermoston, sisäelinten ja verenkiertoon liittyvät vauriot. Sähkön aiheuttamat lihas- tai hermokudosvauriot voivat kehittyä jopa vuorokaudenkin kuluttua. Dokumentoitu käynti hoidossa helpottaa asiointia myös vakuutusyhtiön kanssa, jos tapaturman aiheuttamia ongelmia ilmenee jälkikäteen. [2, s. 62.]

### 3 Lainsäädäntö

Tässä luvussa käydään läpi autoalaa koskeva lainsäädäntö. Luku koostuu kolmesta tärkeimmästä sähkötyöturvallisuutta koskevasta säädöksestä ja niiden pääkohtien tarkastelusta.

#### 3.1 UNECE R 100

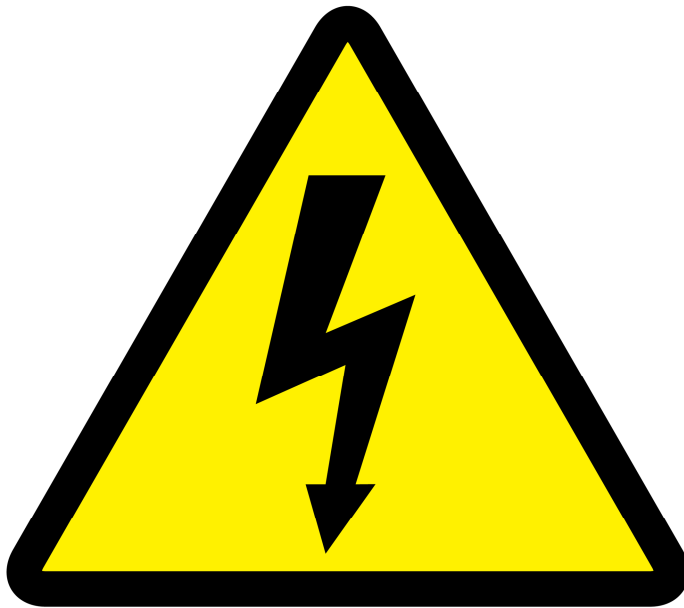
Kaikkein tärkein sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähköturvallisuusratkaisuja koskeva säädös on yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntö nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimajärjestelmään sovellettavien erityisvaatimusten osalta.

Kyseisessä säädöksessä sovelletaan turvallisuusvaatimuksia, jotka koskevat sellaisia M- ja N-luokkaan kuuluvien maantieajoneuvojen sähköisiä voimajärjestelmiä, joiden suurin rakenteellinen nopeus ylittää 25 km/h. Ajoneuvot voivat olla varustettu yhdellä tai useammalla sähkökäyttöisellä ajomootorilla, joita ei ole kytketty pysyvästi sähköverkkoon. Säännöksiä sovelletaan myös tällaisten ajoneuvojen suurjännitekomponentteihin, jotka on galvaanisesti kytketty sähköisen voimajärjestelmän suurjänniteväylään. [6, § 1.]

UNECE R 100 siis vaatii, että ajoneuvossa

- on oltava huoltokatkaisin eli huoltoerotin, jolla korkeajänniteakku voidaan erottaa muusta ajoneuvosta (§ 5.1.1.4)
- on oltava myös sisäinen erotusresistanssin seurantajärjestelmä (§ 5.1.3.3.b)
- jännitteiset osat on suojattava suoralta kosketukselta (§ 5.1.2)
- korkeajänniteosat on merkittävä varoitussymbolilla (kuva 1) (§ 5.1.1.5)
- korkeajännitekaapelit on varustettava oranssilla kuorella (§ 5.1.1.3)

- sähköiskulta suojaamisen vuoksi kaikki jännitteelle alttiit kosketeltavat osat, kuten johtava suojus ja kotelo, on liitettävä galvaanisesti sähköiseen alustaan sähköjohtimella, maajohtimella, hitsaamalla, ruuviliitoksella tai vastaavalla tavalla niin, että vaarallisia potentiaaleja ei pääse muodostumaan (§ 5.1.2.1)
- kaikkien jännitteelle alttiiden kosketeltavien osien ja sähköisen alustan välisen resistanssin on oltava pienempi kuin  $1,0 \Omega$ , kun virran voimakkuus on vähintään 0,2A. (§ 5.1.2.2) [6.]



Kuva 1. Suurjännitelaitteen merkintä (§ 5.1.1.5.1)

### 3.2 Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002

Suomessa on voimassa standardi SFS 6002, jota sovelletaan kaikkeen sähkölaitteistojen käyttö ja ohjaustoimintaan sekä työntekoon niiden lähellä. SFS 6002 pohjautuu kansainväliseen standardiin EN 50110-1, jossa on erikseen maininta, ettei sitä ole suunnattu käytettäväksi ajoneuvojen sähkölaitteissa. Suomessa kuitenkin sovelletaan SFS 6002 standardia myös autoalalla hybridi- ja sähköautoihin, koska sopivampaa standardia ei ole olemassa. [2, s. 62; 7, s. 3.]



### 3.2.1 Henkilöiden määritelmät

Perusvaatimuksena standardissa on, että sähköalan töitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu. [8, § 9.]

Maalikko on henkilö, jolla ei ole kokemusta sähköalasta. Häneltä puuttuvat myös koulutus ja työkokemus sähköalalta, eikä häntä ole opastettu sähköalan töihin.

Opastettu henkilö (sähköala) on henkilö, joka on kouluttautumassa sähköalalle ja jolla on vaihteleva määrä työkokemusta. Hänellä ei ole vielä riittävää koulutusta tai työkokemusta suorittaakseen itsenäisesti töitä ammattihenkilönä.

Opastettu henkilö (maalikko) on henkilö, joka on opastettu tekemään kyseistä työtä ammattihenkilöiden toimesta. Hän kykenee välttämään sähköstä aiheutuvat vaarat eri olosuhteissa töitä tehdessään.

Ammattihenkilöllä on oman alansa sähkötyöhön soveltuva koulutus ja työkokemus. Näiden perusteella hän on kykenevä arvioimaan tekemänsä työn riskit sekä työskentelemään itsenäisesti. Hän kykenee myös tarvittaessa valvomaan maalikkojen ja opastettujen henkilöiden tekemiä töitä. [1, s. 8; 9, s. 5.]

### 3.2.2 Ensiapuvaatimus

Kaikille sähkötöitä tekeville sähköalan ammattihenkilöille tulee antaa ensiapukoulutus. Tämä sisältää työtä tekevän mekaanikon, työnjohdon, käytönjohdon sekä muut työssä avustavat opastetut henkilöt. Ensiapukoulutus voi olla joku seuraavista:

- SPR:n hätäensiapukurssi, joka sovelletaan erityisesti sähkötapaturmien hoitoon
- SPR:n järjestämä laajempi ensiapukurssi, esimerkiksi ensiavun peruskurssi EA1
- Muu ensiapukoulutus, joka käsittää ainakin palovammoihin sekä ruhje- ja viiltohaavoihin annettavan ensiavun sekä puhallus- ja painantaelvytyksen opettamisen ja niitten käytännön harjoittamisen. [7, s. 16.]

Ensiapukoulutusta tulisi pitää yllä jatkuvasti ja siksi kertauskoulutusta vaaditaan pidettävän vähintään kolmen vuoden välein.

Ensiapuvalmiutta koskeva säädös työturvallisuuslaki 738/2002 46§.

Työnantajan on huolehdittava työntekijöiden ja muiden työpaikalla olevien henkilöiden ensiavun järjestämisestä työntekijöiden lukumäärän, työn luonteen ja työolosuhteiden edellyttämällä tavalla. Työn ja työolosuhteiden mukaisesti työntekijöille on annettava ohjeet toimenpiteistä, joihin tapaturman tai sairastumisen sattuessa on ensiavun saamiseksi ryhdyttävä.

Työpaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä, huomioon ottaen työpaikan laajuus ja sijainti, työntekijöiden lukumäärä sekä työn luonne ja muut työolosuhteet, on sopivissa ja selvästi merkityissä kohdissa oltava saatavilla riittävä määrä asianmukaisia ensiapuvälineitä.

Työpaikalla tulee olla ensiavun antamiseen soveltuva tila, milloin työntekijöiden lukumäärä, työn luonne tai muut työolosuhteet niin vaativat.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä työpaikan ensiaputiloista, niiden mitoituksesta ja varustelusta. [10, § 46.]

SFS 6000 -standardissa vaaditaan ensiapuohjetaulujen (kuva 2) sijoittamista sähkölaittekorjaamoille ja vaikka tämä ei autokorjaamolla suoranaisesti ole vaadittavaa, tulisi ensiapuohjetauluja silti sijoittaa autokorjaamon tiloihin turvallisuuden parantamiseksi. [7, s. 17.]



Kuva 2. SFS 6000:n mukainen ensiapuohjetaulu

### 3.2.3 Työalue

Työalueen rajaamisesta ei ole suoranaisesti sen tarkempaa määräystä, työalue tulee kuitenkin aina määritellä ja merkitä selvästi. Työtä tekevällä työntekijällä tulee aina olla tarpeeksi suuri työtila, riittävät kulkureitit sekä valaistus.

KTMp 516 29h§

Sähköalan työssä taikka työkohteeseen mentäessä tai sieltä poistuttaessa työn suorittaja ei saa tahattomasti tai tietämättään ulottua suojaamattomiin jännitteisiin osiin tai joutua niiden läheisyyteen. Turvallisen etäisyyden määrittelyssä on otettava huomioon sähkölaitteiston jännitetaso, työvälineet ja työskentelytapa.

Turvallinen työalue on tarvittaessa merkittävä varoituskilvin ja rajattava luotettavien puomein tai suojuksin.

### 3.2.4 Työkalut, varusteet ja laitteet

Kaikkien korjaamolla sähkötöissä käytettävien työkalujen, varusteiden ja laitteiden on täytettävä soveltuvien eurooppalaisten (EN), kansallisten (SFS) tai kansainvälisten standardien (IEC) vaatimukset. [8; 9; 11.]

Esimerkkejä tällaisista työkaluista, varusteista ja laitteista korjaamoilla ovat

- eristävät saappaat, käsineet ja suojakengät
- kasvojen suojaimet
- sopivat suojavaatteet
- eristeaineiset joustavat tai jäykät suojaimet ja materiaalit
- eristetyt tai eristävät työkalut
- lukot, varoituskilvet ja muut merkit
- jännitteenkoettimet ja jännitteen ilmaisimet
- suojuukset, liput ja tuet. [7, s. 18].

Kaikkia näitä työkaluja, varusteita ja laitteita tulee käyttää, säilyttää ja huoltaa valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Ne on pidettävä hyvässä kunnossa ja niitä on käytettävä asianmukaisesti. Kaikkia työkaluja, varusteita ja laitteita, joita käytetään sähkötöissä, on säilytettävä valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Kaikkien sähkötoisissa käytettävien työkalujen, varusteiden ja laitteiden tulee olla soveltuvia juuri kyseiseen käyttöön.

### 3.2.5 Kilvet ja varoitukset

Työn ja käytön aikaisista vaaroista on varoitettava tarvittaessa kilvillä (kuvat 3–5). Kilpien pitää täyttää eurooppalaisten (EN), kansallisten (SFS) tai kansainvälisten standardien (IEC) vaatimukset niiltä osin kuin standardeja on olemassa. [9, s. 14.]



Kuva 3. Asiattomilta pääsyn kieltävä kilpi



Kuva 4. Kahden kilven yhdistelmä



Kuva 5. Kaksipuolinen kilpi, jota voidaan käyttää varoittamaan käynnissä olevasta työstä

### 3.2.6 Jännitteettömäksi tekeminen

Pääsääntöisesti kaikki sähkötyöt tehdään jännitteettöminä. Hybridi- ja sähköajoneuvoissa tämä tarkoittaa usein korkeajänniteakuston erottamista ajoneuvosta. Sähköturvallisuusstandardissa mainitaan tärkeimmät toimenpiteet, joilla varmistetaan, että määritelty työkohde pysyy jännitteettömänä työn aikana.

SFS 6002 standardin mukaan jännitteettömäksi tekeminen tapahtuu seuraavassa järjestyksessä, ellei ole välttämätöntä toimia muulla tavalla:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen. [7, s. 36.]

Jännitteettömäksi tekemisessä tulee aina noudattaa valmistajan antamia mallikohtaisia ohjeita turvallisen toiminnan takaamiseksi.

Mikäli työ joudutaan keskeyttämään ja työkohteesta poistutaan ilman, että joku työtä tekevästä ryhmästä jää valvomaan työkohdetta, täytyy työkohteen jännitteettömyys tarkistaa uudelleen ennen työn jatkamista. [2, s. 68.]

Kun työt saadaan valmiiksi, työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja voi antaa luvan työkohteen jännitteiseksi tekemiseen. Ensin on kuitenkin varmistuttava siitä, että kaikki

työt on todella tehty valmiiksi, kukaan ei enää työskentele kohteessa ja on varmistettu kytkemisen turvallisuus.

### 3.3 KTMp 516

Sähköturvallisuuslain mukaan sähköalan sääntely kuuluu Suomessa Työ- ja elinkeinoministeriön alaisuuteen. Sähköturvallisuuden valvonnan myös hybridi- ja sähköajoneuvojen korjaamotoiminnassa hoitaa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto eli Tukes.

Sähkötöiden luvanvaraisuutta Suomessa sääntele Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516 eli KTMp 516. Päätöksessä kuvataan tarkasti kaikki se, millainen sähkötyö on luvanvaraista ja millaiset pätevydet vaaditaan.

Säädöksen mukaan sähköalan töitä tekevän tulee olla tehtävään ja sen turvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu henkilö. Tämä koskee siis kaikenlaista sähkötyötä, mukaan luettuna ei luvanvarainen toiminta. [8.]

Sähköturvallisuus tulee huomioida korjaamotoiminnassa seuraavasti

- Tukesille tulee tehdä ilmoitus hybridi- ja sähköajoneuvojen huolto- tai korjaustoiminnasta
- Hybridi- ja sähköajoneuvoja huoltavissa tai korjaavissa yrityksissä tulee olla henkilö, jolla on sähkötyöturvallisuuden rajoitettu S3 –pätevyys
- Kaikilla hybridi- ja sähköajoneuvoja huoltavilla ja korjaavilla henkilöillä tulee olla SFS 6002 –standardin mukainen pätevyys
- Muu henkilöstö tulee perehdyttää sähkön vaaroihin ja onnettomuustilanteisiin.

Kaikkien korjaamoiden, joilla korjataan tai huolletaan käyttäjännitteeltään yli 50 voltin vaihtojännitteisiä tai 120 voltin tasajännitteisiä sähköajoneuvoja, on tehtävä ennen sähkötöiden aloittamista Tukesille toimintailmoitus. Ilmoitus on tehtävä vain kerran, eikä jokaisesta sähkötyöstä erikseen. Korjaamon on ilmoituksessa nimettävä sähkötöiden johtaja, jolla on riittävä koulutus tehtävään. [8, § 26.]

## 4 Vaatimukset käytännössä

### 4.1 Pistoliitinkojeiden vaihto

Tukesin tulkinnan mukaan sähköautojen (hybridi- ja täyssähköautot) sellainen huolto ja korjaustyö, joka on vain pistoliitinkojeen vaihtoa samanlaiseen uuteen, rinnastetaan vähäistä vaaraa aiheuttavaksi työksi ja urakointilupaa ei tarvita. [8, § 10.]

Jos pistoliitinkojeen vaihto suoritetaan ilman urakointioikeutta, on tehtävän työn ehdottomasti tapahduttava valmistajan tai maahantuojan ohjeiden mukaisesti. Työtä tekevän mekaanikon on oltava huolellisesti perehtynyt turvalliseen työn suorittamiseen.

Autoala suosittelee voimakkaasti, että kaikki ajoneuvojen korkeajännitejärjestelmää korjaavat ja huoltavat yritykset nimeävät sähkötöiden johtajan ja ilmoittautuvat Tukesin urakoitsijarekisteriin, vaikka yrityksessä suoritettaisiin vain pistoliitinkojeiden vaihtoa. [2, s. 76.]

### 4.2 Sähkötöiden johtaja

Toiminnanharjoittajan on nimettävä sähkötöitä varten sähkötöiden johtaja. Sähkötöiden johtajaa ei kuitenkaan vaadita sähkötöissä, joista ei edellytetä ilmoitusta sähköturvallisuusviranomaiselle. Sähkötöiden johtajan päätehtävänä on huolehtia siitä, että kaikkia sähköturvallisuusmääräyksiä myös noudatetaan. Sähkötöiden johtajalle tulee antaa riittävät mahdollisuudet johtaa sekä valvoa sähkötöitä. [8, § 26.]

Sähköturvallisuuslain mukaan sähkötöiden johtajan on huolehdittava siitä, että

- 1) sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia (410/96) sekä sen nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä
- 2) sähkölaitteet ja -laitteistot ovat sähköturvallisuuslaissa sekä sen nojalla annetuissa säännöksissä ja määräyksissä edellytetyssä kunnossa ennen käyttöä tai toiselle luovuttamista sekä
- 3) sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi opastetut tehtäviinsä. [8, § 5.]

Sähköturvallisuusviranomaisen voi tarvittaessa vaatia selvitystä sähkötöiden johtajan edellytyksistä hoitaa tehtäviään, joten virka täytyy ottaa tosissaan eikä pelkkä nimi paperissa riitä.

Sähkötöiden johtaja tulee nimetä ennen toiminnan aloittamista. Mikäli sähkötöiden johtaja vaihtuu, tai sähkötöiden johtaja on estynyt hoitamasta tehtäväänsä muuten kuin lyhytaikaisen poissaolon vuoksi, on uusi johtaja nimettävä kolmen kuukauden kuluessa. [8, § 7.]

#### 4.3 Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja

KTMP 516 mukaan jokaiseen työkohteeseen on nimettävä sähkötöitä itsenäisesti tekemään kykenevä henkilö valvomaan työnaikaista sähköturvallisuutta. Hän voi joko osallistua työn suoritukseen tai tehdä sen kokonaan itse. [8, § 11, § 29 C.]

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojalta vaaditaan ammattihenkilön statusta, tietoa ja kokemusta tehtävästä työstä, tarvikkeista ja työvälineistä. Henkilön asenne turvallisuuteen, huolellisuus ja luotettavuus ovat myös ratkaisevia asioita työnaikaista sähköturvallisuuden valvojaa valittaessa.

Tärkeää on että sähköturvallisuutta valvova henkilö on itse työkohteessa ja pystyy täten valvomaan turvallisuutta. Jos kohteessa työskentelee useampi ammattihenkilö samaan aikaan, tulee olla selvillä kenelle turvallisuuden valvonta kuuluu.

#### 4.4 Autosähköalan ammattihenkilö

Jotta mekaanikko voisi tehdä itsenäisesti sähkötöitä sähköajoneuvoa huoltaessaan, vaaditaan häneltä autosähköalan ammattihenkilön status. Autoalan ammattihenkilöltä vaadittavat kriteerit muuttuivat juuri tätä opinnäytetyötä tehtäessä. Muutoksesta johtuen lähinnä vaadittavan työkokemuksen määritelmät tarkentuivat soveltumaan paremmin autoalan tarpeisiin. Kevästä 2013 eteenpäin työkokemukseksi hyväksytään tavallisten autojen 12 V ja 24 V sähköjärjestelmien korjaus- ja huoltotyöt. Normaalisti Seti Oy edellyttää, että työkokemus on saatu Tukesin urakoitsijarekisteriin merkityn yrityksen palveluksessa. Tämä ei vielä koske autoalaa, koska ennen vuotta 2012 ei yrityksiltä ole vaadittu rekisteröitymistä Tukesin urakoitsijarekisteriin. [12.]



Tällä linjauksella jatketaan, kunnes sähkö- ja hybridiajoneuvot yleistyvät siinä määrin, että on kohtuullista edellyttää sähköalan töistä annetun Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (516/1996) 18 §:ssä esitetty työkokemus sähköautojen korjaustöistä Tukesin rekisteröimän korjaamon palveluksessa. [12.]

Ammattihenkilöksi siis lasketaan henkilö, jolla on

- soveltuva tutkinto ja 1 vuoden työkokemus tai
- riittävät alan perustiedot ja 2 vuoden työkokemus.

Sähköalan oppisisältö, jota edellä mainitulta soveltuvalta tutkinnolta edellytetään, on listattu KTMP 516:ssa. Autoalalla on kuitenkin jouduttu poikkeamaan näistä vaatimuksista tutkinnon sisällön osalta, koska vaatimuslista on tarkoitettu lähinnä kiinteistösähköalaa ja sähköverkkoon liitettäviä laitteita ajatellen. Kyseinen lista ei siis sovellu suoraan autoalaan sovellettavaksi. Keväällä 2013 tullessa muutoksessa soveltuva tutkinnoksi lisättiin myös autoalan perustutkinto, suuntautumisvaihtoehtona autosähkö. Tämä tarkoittaa käytännössä toisen asteen peruskoulutusta ammattiopistossa.

Autoalalla sovellettavaksi tutkinnoksi on vahvistettu siis:

- Autoalan perustutkinto, autosähkö
- Henkilöautomekaanikon ammattitutkinto, autosähkö
- Raskaskalustomekaanikon ammattitutkinto, autosähkö
- Autosähkömekaanikon ammattitutkinto
- Automekaanikon erikoisammattitutkinto
- Opisto- tai korkeakouluasteen tutkinto autoalalta

jota tulee täydentää jollain seuraavista:

- Autoalan sähköturvallisuustutkintoon valmentava koulutus
- Autoalan sähköturvallisuustutkinto
- Maahantuojan oma koulutus

Jos henkilöllä ei ole soveltuvaksi tutkinnoksi luokiteltavaa koulutusta, työkokemusta vaaditaan kaksi vuotta sekä henkilöllä on oltava riittävät alan perustiedot. Riittävät alan perustiedot henkilöllä on, kun hän on suorittanut jonkun seuraavista:

- Autoalan sähköturvallisuustutkintoon valmentava koulutus
- Autoalan sähköturvallisuustutkinto
- Maahantuojan oma koulutus

Kun toinen edellä mainituista tavoista täyttyy, tuo se ammattihenkilö-statuksen sähköajoneuvojen korjaukseen. Ammattihenkilöstatusta ei tarvitse erikseen anoa, vaan se tulee automaattisesti ehtojen täytyttyä. [2, s. 83.]

Yrityksen sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että itsenäisesti työtä tekevät mekaanikot ovat ammattihenkilöitä. Mahdollisen tapaturman sattuessa mekaanikkojen koulutukset tullaan varmasti tarkistamaan.

#### 4.5 Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu S3 – Sähköautopätevyys 3

Hybridi- ja sähköajoneuvojen korjaus- ja huoltotoimintaan rajoitetun sähköpätevyys 3 todistuksen myöntämiselle on olemassa tarkat kriteerit. Käytännössä sähköautopätevyys 3:a voi hakea autosähköalan ammattihenkilö, joka on suorittanut hyväksytysti autoalan rajoitetun S3 sähköturvallisuustutkinnon.

Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitetun S3 – pätevyystodistuksen kriteerit:

- 1) Henkilö on suorittanut koulutuksen, jossa käsitellään autoalan sähköturvallisuustutkinnossa vaadittava asiasisältö ja
- 2) Henkilö on suorittanut hyväksytysti autoalan rajoitetun S3 – sähköturvallisuustutkinnon ja
- 3) Henkilöllä on riittävä ammattitaito sähkö- ja hybridiajoneuvojen korjaus- ja huoltotöihin.
  - Ammattitaito muodostuu joko soveltuvasta autosähköalan koulutuksesta ja vuoden pituisesta työkokemuksesta tai
  - kahden vuoden pituisesta työkokemuksesta autosähkötöistä. [12.]

Autoalan sähköturvallisuustutkinto tehdään valvotuissa olosuhteissa tietokoneella ja se koostuu kahdeksastakymmenestä monivalintakysymyksestä. Kysymyksien aihealueet ovat:

- Sähkötöitä koskevat säädökset: 30 kysymystä.
- Sähkötyöturvallisuus: 30 kysymystä.
- Yleinen sähkötekniikka: 20 kysymystä.

Kokeen aikana kaiken materiaalin käyttö on kielletty.

Autoalan sähköturvallisuustutkinnossa edellytetään seuraavien asioiden hallitsemista:

- Sähköturvallisuuslaki (410/1996) myöhempine muutoksineen
- Sähköturvallisuusasetus (498/1996) myöhempine muutoksineen
- KTM:n päätös sähköalan töistä (516/1996) myöhempine muutoksineen (mm. 351/2010)
- Tukes -ohje S7-98 Sähkötöitä koskeva toimintailmoitus
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus (pl. suurjänniteosiot)
- D1-2009 käsikirjasta luvut 1 (asennuksia koskeva) ja 2 (Sähkövirran vaikutus) eli olennaiset turvallisuusvaatimukset ja sähkövirran vaikutus ihmiseen.
- UNECE R 100 eli EU:n virallisessa lehdessä 14.2.2009 julkaistu YK:n Euroopan talouskomission sääntö nro 100 – akkukäyttöisten sähköajoneuvojen vaatimukset rakenteen ja toimintaturvallisuuden osalta.
- SFS-EN 50272-3 Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, osa 3: ajovoima-akut (sähköturvallisuuden osalta)
- Yleinen hybridi- ja sähköautotekniikka.

Kiinteistö sähköalan sähköturvallisuustutkinnot (STT1, STT2 ja STT3) eivät ole kelpollisia autoalan sähkö- ja hybridiajoneuvoihin rajoitetun S3-pätevyydistodistuksen myöntämiseksi. [12.]

#### 4.6 Sähkötyöturvallisuuskoulutus

On myös huomioitava että jokaiselle korjaamalla hybridi- ja sähköajoneuvojen huollon sekä korjauksen parissa työskentelevälle henkilölle on annettava SFS 6002:n mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus. Koulutuksen lopuksi on pidettävä koe, jonka suorittaneille henkilöille on annettava todistus.

SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutusta ei pidä kuitenkaan sekoittaa autoalan rajoitettuun S3-säköturvallisuustutkintoon. SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutuksen perusteella ei siis myönnetä rajoitettu S3-sähköpätevyydestodistusta.

### 5 Yhteenveto vaatimuksista korjaamalla

Seuraavassa on koottu yhteen tärkeimpiä kohtia vaatimuksista korjaamoilla.

- Pistoliitinkoneiden vaihto, eli korjaustoiminta, jossa ei kosketa korkeajännitteisiin osiin, ei vaadi urakointilupaa.
- Muussa tapauksessa Tukesille tulee tehdä ilmoitus hybridi- ja sähköajoneuvojen huolto- tai korjaustoiminnasta.
- Hybridi- ja sähköajoneuvoja huoltavissa tai korjaavissa yrityksissä tulee olla henkilö, jolla on sähkötyöturvallisuuden rajoitettu S3-pätevyys
- Kaikille sähköitä tekeville sähköalan ammattihenkilöille tulee antaa ensiapukoulutus.
- Kaikille sähköitä tekeville tulee antaa SFS 6002 -säköturvallisuuskoulutus.
- Työalue tulee aina määritellä ja merkitä selvästi.
- Työn tai käytön aikaisista vaaroista on varoitettava tarvittaessa kilvillä.
- Kaikkien korjaamalla sähköissä käytettävien työkalujen, varusteiden ja laitteiden on täytettävä soveltuvien eurooppalaisten (EN), kansallisten (SFS) tai kansainvälisten standardien (IEC) vaatimukset.
- Jotta mekaanikko voisi tehdä itsenäisesti tiettyjä sähköitä sähköajoneuvoa huoltaessaan, vaaditaan häneltä autosähköalan ammattihenkilön status.
- Toiminnanharjoittajan on nimettävä sähköitöiden johtaja, jolla on asianmukainen sähköpätevyys.

- Sähkötöiden johtajan tulee pitää huoli siitä, että jokainen sähkötöitä tekevä henkilö on asianmukaisesti perehdytetty työhönsä.
- Kun korjaamalla tehdään sähkötöitä, tulee paikalla olla nimetty työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. Työnaikaisen sähköturvallisuudenvalvojan tulee olla ammattihenkilö.

## 6 Käytännön toteutukset Toyota Itäkeskuksessa

Kattavan pohjatiedon etsimisen ja asiaan perehtymisen jälkeen haluttiin selvittää, kuinka kaikki edellä vaaditut asiat on hoidettu tähän mennessä. Koska kaikki tässä opinäytetyössä käsitellyt asiat ovat todella uusia ja monesti vielä epäselviä autoalalla, on hyvinkin todennäköistä että monessa yrityksessä ollaan vielä jäljessä osassa lain vaatimista menetelmistä ja asioista. Seuraavaksi tarkastellaan kuinka kaikki edellä mainittu on hoidettu Toyota Itäkeskuksessa. Tiedot koottiin selvittämällä tämänhetkinen toimintatapa yrityksessä.

### 6.1 Henkilöstön koulutukset ja luvat

#### 6.1.1 SFS 6002

Koska laki vaatii jokaiselle sähkötöitä tekevällä henkilölle annettavan SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutuksen, on näin myös tehty Toyota Itäkeskuksessa. Toimipisteen henkilökunnasta on tällä hetkellä suorittanut kyseisen koulutuksen kaksi mekaanikkoa sekä yksi työnjohtaja. Koulutuksen lisäksi tutkintoon kuuluu myös koe, joka on kaikilta kolmelta suorittamatta. Kokeen hyväksytyen suorituksen jälkeen kaikilla kolmella henkilöllä on voimassaoleva SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutus. Tavoitteena on jatkaa henkilökunnan kouluttamista, jotta kaikille hallissa työskenteleville mekaniikoille saataisiin SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutus.

#### 6.1.2 Ensiapukoulutus

Ensiapukoulutus vaaditaan kaikilta sähkötöitä tekevilta henkilöiltä. Tällä hetkellä henkilökunnasta ainoastaan yhdellä työnjohtajalla on voimassaoleva ensiapukoulutus. Tavoitteena on saada myös mekaniikoille voimassaoleva ensiapukoulutus. Vahingon sattuessa ensiapuvalmiutta ei voi korostaa liikaa, joten henkilöstön kouluttaminen on suotavaa.

### 6.1.3 Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettu sähköpätevyys 3

Tällä hetkellä yhdelläkään henkilöllä ei ole hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettua sähköpätevyys 3:sta. Kukaan henkilökunnasta ei tällä hetkellä täytä kaikkia kriteereitä, joita rajoitettuun sähköpätevyys 3:een vaaditaan. Kolme henkilöä on suorittanut sähköpätevyys koulutuksen, joista kaksi on suorittanut myös kokeen hyväksytysti. Tavoitteena on kuitenkin hakea kaikille kolmelle henkilölle hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitettua sähköpätevyys 3:sta, kunhan henkilöt saavat kaikki tarvittavat kriteerit täytettyä.

### 6.1.4 Sähkötöiden johtaja

Laki velvoittaa yrityksessä olevan nimetty ja myös Tukesille ilmoitettu sähkötöiden johtaja, mutta tällä hetkellä Toyota Itäkeskukselta puuttuu kyseistä virkaa hoitava henkilö. Heti kun ensimmäinen henkilö saa Hybridi- ja sähköajoneuvoihin rajoitetun sähköpätevyys 3:n voimaan, tullaan hänelle hakemaan sähkötöiden johtajan oikeuksia.

## 6.2 Työalue, työkalut, varusteet ja laitteet

### 6.2.1 Sähkötyöalue

Lain määritelmä työalueen rajaamisesta ei ole kovinkaan tarkka, vaan pääasiallisena tarkoituksena on estää sivullisten henkilöiden tahaton joutuminen sähkötyöalueelle. Työalueen merkintä ja rajaamine tulee siis toteuttaa siirrettävillä ja purettavilla esteillä, mikäli korkeajännitteisille sähkötöille ei ole yrityksessä omaa erillistä työaluetta.

Toyota Itäkeskuksella ei ole erillisiä tiloja sähkötöitä varten, vaan myös nämä huolto- ja korjaustyöt tehdään samassa hallissa muiden huollettavien ajoneuvojen ohessa. Tämän takia itäkeskuksessa työalueen rajaaminen hoidetaan siirrettävien varoitus sulkupylväiden (kuva 6), varoituskilpien (kuva 7) sekä lippusiiman avulla. Kyseisiä materiaaleja on varattu kolmen sähkötyöpaikan rajaamiseksi.



Kuva 6. Sulkupylväs Toyota Itäkeskuksen tiloissa



Kuva 7. Varoituskilpiä Toyota Itäkeskuksella

Työtilojen koko on hieman ongelmallinen asia itäkeskuksen toimitiloissa. Koska kiinteistö on jo vanha, ovat tilatkin jääneet nykyaikoneuvoille vääjäämättä pieniksi. Tämän huomaa helposti pystytettäessä työaluetta sähkötöitä tehdäkseen. Työalueen pienestä koosta ja työn vaarallisuudesta johtuen täytyy olla järjestelmällinen ja vielä normaalia-kin tarkempi sekä rauhallinen. Kun kaikki tehdään ammattitaidolla ja rauhallisella asenteella, eivät tilat muodostu ongelmaksi.

### 6.2.2 Sähkötyökalut

Kuten muitakin hybridi- ja sähköajoneuvoja korjaavia yrityksiä, myös Toyota Itäkeskusta koskevat SFS 6002 – sähköturvallisuusmääräykset. Näiden määräysten mukaan huoltoa suoritettaessa on käytettävä standardit täyttäviä sähkötöihin soveltuvia työkaluja. Käytännössä tämä tarkoittaa eristettyjä ja jännitteeltä suojattuja työkaluja.

Valitettavasti tällä osa-alueella ollaan vielä hieman jäljessä, eikä toimitiloista löytynyt kuin muutamia yksittäisiä eristettyjä ruuvimeisseleitä. Hybridi- ja sähköajoneuvojen korjauksissa tarvitaan kuitenkin vähintään ruuvitalttasarja (kuva 8), räikkäväänninsarja (kuva 9), pihdit sekä momenttiavain. Näiden kaikkien tulee siis olla eristettyjä ja sähkötöihin hyväksytyjä työkaluja.



Kuva 8. Jännitteeltä suojattu ruuvitalttasarja



Kuva 9. Jännitteeltä suojattu räikkäväänninsarja



Jännitteettömyyden toteamiseksi tarvitaan myös jännitemittari tai jännitteenkoetin (kuva 10). Jännitteenkoetin on suositeltava vaihtoehto, koska sen kytkeminen väärin on mahdotonta. Jännitemittarin tulee olla vähintään 750 V asti hyväksytty tai mielellään parempi.

Riittäväällä asteikolla olevaa jännitemittaria tai jännitteenkoetinta ei kuitenkaan löydy itäkeskuksen toimipisteestä. Suurimman jännitemittarin maksimi jännitteeksi rajoittui 300V, joka ei ole lähelläkään tarvittavaa minimiarvoa 750 V.



Kuva 10. Jännitteenkoetin

### 6.2.3 Henkilösuojaimet

Henkilösuojainten osalta Toyota Itäkeskuksen varautuminen oli mallikelpoista. Standardit vaativat työntekijälle vähintään suojavaatteet, kasvojen suojaimet, suojakengät (kuva 11) sekä eristyskäsineet (kuva 12). Kaikki edellä mainitut henkilösuojaimet löytyivät vaivattomasti ja turvakenkien lisäksi oli käytettävissä myös turvasaappaat. Vaikka henkilösuojaimet olivat lähes uusia ja vähän käytettyjä, tulee työn aloittavan mekaanikon aina varmistua suojainten kunnosta ja puhtaudesta.



Kuva 11. Turvasaappaat



Kuva 12. Eristyskäsineet

### 6.3 Vaadittavat investoinnit

Investoitavien työvälineiden listalta löytyy siis ruuvitalttasarja, räikkäväänninsarja, pihdit, momenttiavain sekä jännitteenkoetin. Työkalujen suuntaa antavat hankintakustannukset ovat:

• Ruuvitalttasarja	240 €
• Räikkäväänninsarja	520 €
• Pihdit	150 €
• Momenttiavain	500 €
• Jännitteenkoetin	150 €
yhteensä:	1560 €

Kyseisessä hinta-arviossa on käytetty laadukkaiden valmistajien Snap-On sekä Fluke tuotteita. Vajaan 1600 €:n hintaa voidaan pitää maltillisena, kun otetaan huomioon kyseisten työvälineiden laatu sekä odotettavissa oleva käyttöikä. Myöskään henkilöiden turvallisuudessa ei voi koskaan olla liian tarkkana, koska kyseiset sähkötyöt ovat hengenvaarallisia.

#### 6.4 Tulevaisuuden näkymät

Autoalaa koskevat määräykset hybridi- ja sähköajoneuvoja huollettaessa ja korjattaessa ovat uusia ja tulevat todennäköisesti muuttumaan sekä tarkentumaan tulevien vuosien saatossa. Tästä syystä olisi korjaamalla hyödyllistä olla nimettynä henkilö, jonka tehtäviin kuuluisi pysyä ajan tasalla autoalaa koskevista määräyksistä.

Kun muistetaan esimerkiksi ensiapukurssin uusiminen kolmen vuoden välein sekä sähkötyövälineiden kunnon valvominen, ei kaikkien määräysten toteuttaminen ole niin yksinkertaisen helppoa. Varsinkin koulutuksien ja lupien voimassaoloa tulisi valvoa säännöllisesti. Tässäkin tehtävässä riittäisi vastuualuetta yhdelle henkilölle. Todennäköisin virkaa hoitava henkilö voisi olla toimipisteessä toimiva sähkötöiden johtaja.

## 7 Jännitteettömäksi tekeminen

Seuraavassa esimerkissä suoritetaan turvallinen ja oikeaoppinen jännitteettömäksi tekeminen. Esimerkki ajoneuvona toimi Toyota Prius Plug-in Hybrid, joka oli vuosimallia 2013 ja täten edustaa uusinta hybriditeknologiaa. Kyseinen ajoneuvo oli todella hyvä valinta, koska tällaisen ajoneuvon parissa ei ollut vielä tehty huoltotöitä. Kaikki oppi tuli siis uutena eikä asioita tehty todellakaan ”niin kuin aina ennenkin”.

On noudatettava turvaohjeita kun aloittaa korkeajännitejärjestelmän tarkastus- tai huoltotyöt. On myös luettava ja noudatettava valmistajan antamia työturvallisuus ohjeita kyseiselle automallille.

Valmistajan antamat työturvallisuusohjeet:

1. Aseta ajoneuvon virtatila tilaan OFF ja siirrä avain pois ajoneuvon sisällä olevan ”Entry & Start” -järjestelmän tunnistimien havaintoalueen ulkopuolelle.
2. Irrota 12V akun miinuskaapeli.
3. Käytä ehjiä ja kuivia eristyskäsineitä.
4. Poista huoltoerotin/huoltoerottimet (mallista riippuen jopa 3x).
5. Odota vähintään 10 minuuttia, jotta inverterin korkeajännitteiset kondensaattorit kerkeävät varmasti purkautua.
6. Varmista jännitteenkoettimella, että inverterin kondensaattoreiden jännite on 0V.
7. Eristä irrotetut paljaat liitännät eristysteipillä.

### 7.1 Esivalmistelut

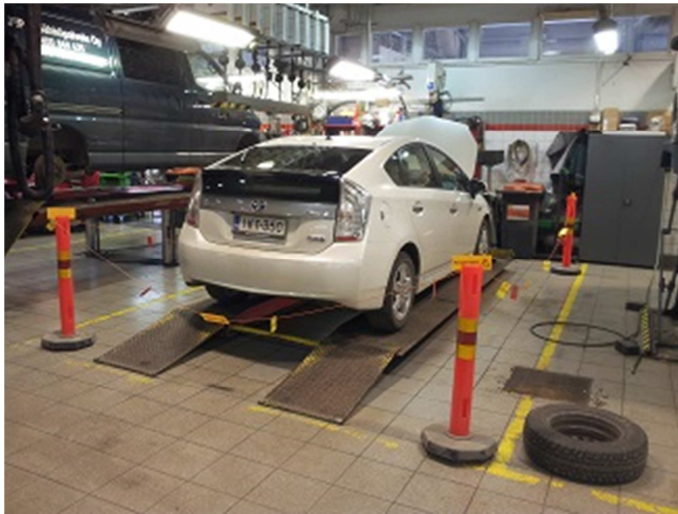
Ennen varsinaisen työn aloittamista tulee tietysti rajata työalue sekä valmistautua työn suorittamiseen hakemalla sähkötyökalut sekä suojaimet lähelle työaluetta. Myös valmistajan työturvallisuusohjeet tulee lukea läpi onnistuneen ja turvallisen suorituksen takaamiseksi.

Toyotalta löytyy erittäin laadukkaat kuvalliset ohjeet jokaisen eri ajoneuvomallin jännitteettömäksi tekemiseen, joten Toyotan TechDoc 3 on siis syytä lukea läpi ennen töiden

aloittamista. TechDoc 3 löytyy myös uusimmasta testilaitteesta, jota tarvitaan myös työn suorittamisen aikana. Ohjeet ovat siis mukana koko suorituksen ajan ja niitä on myös hyvä lukea.

## 7.2 Työn suoritus

- Ensimmäisenä pystytetään työalue, jonka jälkeen noudetaan testilaitte ja aloitetaan jännitteeksi tekeminen valmistajan ohjeita noudattaen (kuva 13).



Kuva 13. Työalue valmiina työn suorittamista varten

- Tarkistetaan akkujen kennolämpötilat testilaitteella (kuva 14). Jokaisen kennolämpötilan tulee olla alle 50°C astetta.



Kuva 14. Testilaitte, jota käytetään työn suoritukseen

- Luetaan ja poistetaan vikakoodit testilaitteella.
- Irrotetaan 12V akku järjestelmästä irrottamalla miinuskaapeli (kuvat 15–16).

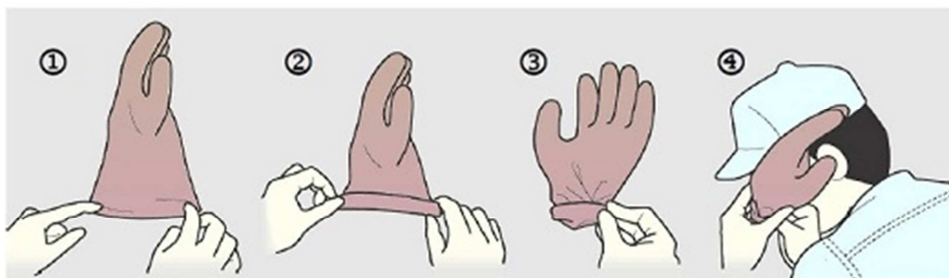


Kuva 15. 12V akun sijainti Toyota Priuksessa (ZVW35)



Kuva 16. 12V akun miinusnapa

- Tarkistetaan eristyskäsineiden kunto huolellisesti vaurioiden varalta (kuva 17). Tarkastuksen jälkeen laitetaan kaikki henkilösuojaimet päälle seuraavaa työvaihetta varten.



1. Tartu käsineen "suuhun".
2. "Rullaa" käsineen vartta 2-3 kierrosta.
3. Sulje puoliksi avoin "rullattu" käsineen "suu".
4. Varmista että käsineessä ei ole ilmavuotoa.

Kuva 17. Esimerkki eristyskäsineiden kunnon tarkastamiseksi

- Poistetaan huoltoerotin kuvien 18–21 tavalla.



Kuva 18. Huoltoerottimen suojakansi aukaistuna takaluukussa



Kuva 19. Huoltoerottimen irrotus eristyskäsineiden kanssa





Kuva 20. Huoltoerotin irrotettuna



Kuva 21. Huoltoerottimen irrotuksen jälkeen laitetaan se mekaanikon omaan taskuun

- Odotetaan vähintään 10 minuuttia, kondensaattoreiden purkautumiseksi.
- Poistetaan invertterin suojakansi irrottamalla 9 pulttia (kuvat 22–23).

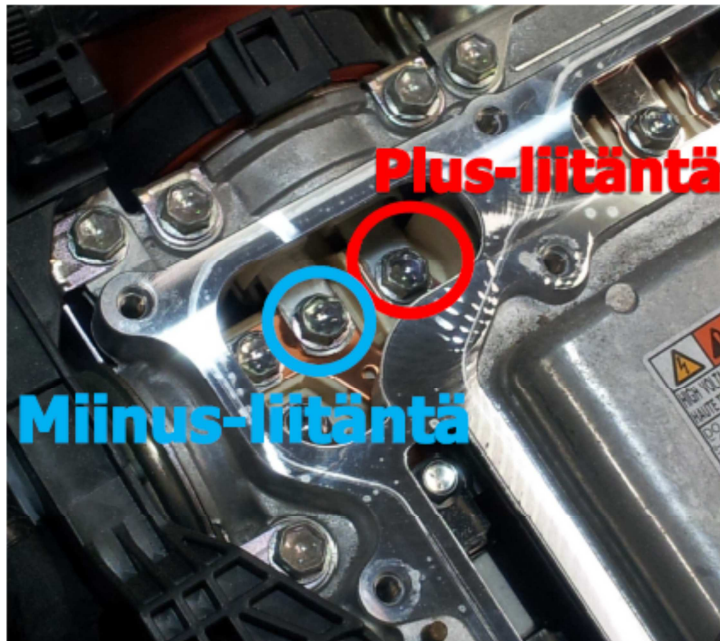


Kuva 22. Invertterin suojakansi paikallaan



Kuva 23. Invertterin suojakansi irroitettuna

- Varmistetaan jännitteenkoettimella, että kondensaattoreiden jännite on 0 V (kuva 24). Invertteriyksikön kansi voidaan asentaa tämän jälkeen takaisin, mikäli huoltotoimenpiteet eivät kohdistu invertteriin.



Kuva 24. Jännitteenkoettimen liitännät invertteriyksikössä

- Jännitteettömyyden toteamisen jälkeen voidaan suorittaa turvallisesti aiotut korjaus- tai huoltotyöt.

Kun korjaus- tai huoltotyöt on saatu päätökseen ja työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja antaa luvan jännitteelliseksi kytkentään, voidaan auto kytkeä taas jännitteiseksi. Tämä tapahtuu käänteisessä järjestyksessä jännitteettömäksi tekemiseen nähden.

- Kytetään huoltoerotin.
- Kytetään 12 V akku järjestelmään.
- Kytetään testilaite ja luetaan sekä poistetaan mahdolliset vikakoodit.
- Suoritetaan koeajo, jonka jälkeen auto on valmis asiakasta varten.

## 8 Yhteenveto

Työ tehtiin yhteistyössä Toyota Itäkeskuksen kanssa. Koko opinnäytetyön idea lähti liikkeelle toiveesta tutkia yrityksen toimintaa sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta. Koska sähkötyöturvallisuusmääräykset astuivat vasta voimaan autoalalla, oli niiden selvittämiseen myös selvästi tarvetta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja kasata kaikki tällä hetkellä autoalaa koskevat sähkötyöturvallisuusmääräykset, vaadittavat koulutukset sekä vaadittavat työvälineet yksiin kansiin. Kun kaikki kyseinen materiaali oli saatu kerättyä ja siitä oli saatu selvitettyä autoalaa koskevat pykälät, oli tarkoituksena varmistua kyseisten asioiden noudattaminen myös käytännössä Toyota Itäkeskuksen toimipisteessä.

Käytännön työt aloitettiin käymällä kaikki sähkötyöturvallisuusmääräysten vaatimat materiaalit läpi. Kun henkilösuojaimet, työkalut ja tilat oli tarkastettu, siirryttiin henkilökunnan koulutusten tutkimiseen. Kun koulutukset ja luvat saatiin selvitettyä, oli tarkoituksena vielä suorittaa esimerkkisuoritus jännitteettömäksi tekemiseen.

Autoalaa koskevien lakien ja määräysten kokoaminen yksiin kansiin oli todella tarpeellinen teko. Nyt kaikki määräykset löytyvät yksistä kansista selkeästi jaoteltuina ja mikäli tulevaisuudessa joudutaan tarkistamaan määräyksiä, löytyvät ne nyt helposti. Kynnys tarkistaa tarkat määräykset kymmenistä sivuista kuin sadoista sivuista lakipykälää on toivottavasti huomattavasti pienempi ja johtaa myös niiden noudattamiseen.

Positiivisena yllätyksenä tuli Toyota Itäkeskuksen varautuminen henkilösuojainten sekä työalueen merkintöjen osalta. Kuten oletettavissa olikin, mekaanikkojen turvallisuuteen oli panostettu kunnolla ja välineet olivat näiltä osin kunnossa. Jännitetyökalujen totaalinen puuttuminen ei ollut odotettavissa, mutta tähän puututtiin välittömästi kun puutteet havaittiin.

Jännitteettömäksi tekemisestä oli myös todellista hyötyä, tästä saatiin hyvää materiaalia esimerkkisuoritusta varten sekä myös kokemusta kyseisestä toimenpiteestä. Itäkeskuksen toimipisteessä ei ollut ennen suoritettu jännitteettömäksi tekemistä, joten kaikki asiat tulivat uutena ja ne tehtiin varmasti ohjeiden mukaan turvallisesti. Monen mekaanikon mielenkiinto jännitteettömäksi tekemistä kohtaan oli positiivinen asia ja voidaankin olettaa, että tulevaisuudessa työt tullaan toteuttamaan turvallisissa merkeissä.

Lopputulokseen voidaan olla hyvinkin tyytyväisiä. Kaikki tavoitteiksi asetetut päämäärät saavutettiin helposti. Työn aikana huomattiin että aivan kaikki asiat eivät olleet tällä hetkellä määräysten tasalla ja niihin myös puututtiin. Juuri tämän takia insinööryötä lähdettiin alun perin toteuttamaan ja tästä huomataan, ettei työtä tehty todellakaan turhaan. Työn lopputuloksena Toyota Itäkeskus on taas valmiimpi ja myös turvallisempi ottamaan tulevat haasteet vastaan. Toivotaan että toimipisteessä pysytään jatkossakin muuttuvien määräysten tasalla ja että tulevat hybridi ajoneuvojen huolto- ja korjaustyöt saadaan suoritettua varmasti ja turvallisesti loppuun.

## Lähteet

- 1 Hybridikäyttöiset henkilöautot. 2012. Verkkodokumentti. TraFi. <[http://www.trafi.fi/filebank/a/1360916834/f1946a93f151fc3a0bb9b96de4a7847e/11415-Hybridiautot\\_31122012\\_kanta.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1360916834/f1946a93f151fc3a0bb9b96de4a7847e/11415-Hybridiautot_31122012_kanta.pdf)>. 2012. Luettu 22.4.2013.
- 2 Linja-aho, Vesa. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- 3 Sähkövaarat ja -vahingot. Suomen sähköopas. Verkkodokumentti. <[http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/sahkon\\_kaytto/vaarat/](http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/sahkon_kaytto/vaarat/)>. Luettu 8.1.2013.
- 4 Sähköturvallisuus fysiikan demonstraatiossa. 2005. Verkkodokumentti. Helsingin yliopisto. <<http://www.courses.physics.helsinki.fi/ope/opelab/turva/sahkoturva.htm>>. 2005. Luettu 8.1.2013.
- 5 Sähkötapaturmien ensiapu. 2012. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Sahkotapaturmien-ensiapu/>>. Päivitetty 14.2.2012. Luettu 8.1.2013.
- 6 Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission sääntö nro 100. 2011. Asiakirja. UNECE. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:057:0054:0085:FI:PDF>>. Päivitetty 2.3.2011. Luettu 29.1.2013.
- 7 Mäkinen, Pertti A. 2010. SFS 6002 Käytännössä. Helsinki: Sähköinfo Oy.
- 8 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. 1996. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960516>>. Päivitetty 5.7.1996. Luettu 29.1.2013.
- 9 Hallamäki, Martti. 2010. Verkkodokumentti. Sähkötyöturvallisuus. <<http://www.hallamaki.fi/sfs6002.pdf>>. Päivitetty 1.9.2010. Luettu 29.1.2013.
- 10 Työturvallisuuslaki. 2002. Verkkodokumentti. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>>. Päivitetty 16.5.2013. Luettu 27.5.2013.
- 11 Kari, Arto. 2011. KTMp 516, sähköalan ammattilainen, sähköpätevyudet. Verkkodokumentti. Seti Oy. <<http://www.seti.fi/doc/KTMp-516--190511.pdf>>. Päivitetty 17.5.2011. Luettu 29.1.2013.

- 12 Sähköautopätevyys 3. 2013. Verkkodokumentti. Seti Oy.  
<<http://setifi.asiakkaat.sigmatic.fi/index.php?k=20805>>. 2013. Luettu 13.5.2013.
- 13 Sähköturvallisuuslaki. 1996. Verkkodokumentti. Tukes.  
<<http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960410>>. 1996. Luettu 29.1.2013.
- 14 Sohlberg, Jouko & Martansaari, Tuomas. 2012. Sähkökäyttöisten autojen huolto- ja korjaustoiminnan pätevyysvaatimukset. Verkkodokumentti. Autoalan keskusliitto Ry. <[http://www.akl.fi/palvelut/akl-sertifiointi\\_oy/sahkoautot\\_\(s3\)](http://www.akl.fi/palvelut/akl-sertifiointi_oy/sahkoautot_(s3))>. Päivitetty 18.6.2012. Luettu 12.2.2013.