

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Autotekniikka

Kevät 2013

Jukka Moisala

SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN ESITTELY JA KORJAUSVAATIMUSTEN SELVITYS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Autotekniikka

Kevät 2013 | 54 sivua

Ohjaaja Markku Ikonen

Jukka Moisala

SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN ESITTELY JA KORJAUSVAATIMUSTEN SELVITYS

Opinnäytetyössä on tarkoituksena esitellä sähkö- ja hybridautojen tekniikkaa ja rakennetta. Korkeajännitekomponenttien kanssa toimiminen tuo lisähaasteita autokorjaamoille. Sähköonnettomuudet saattavat olla jopa hengenvaarallisia ja tästä syystä korjaamon henkilökunnalle on asetettu uusia vaatimuksia.

Opinnäytetyö tehtiin Keskusautohalli Oy:lle. Pääsyyinä työn tekemiselle kyseiseen yritykseen oli uusien hybridautojen tuleminen Suomen markkinoille. Tulevaisuudessa useampia malleja tulee myyntiin Suomessa ja tämä aiheuttaa myös korjaamoille painetta hankkia tarvittavat pätevyydet ja laitteet. Työstä on hyötyä sekä korjaamohenkilökunnalle että esimerkiksi myyntihenkilöstölle, joka saattaa joutua vastaamaan asiakkaiden kysymyksiin koskien sähkö- ja hybridautoja.

Ladattavien hybridi- ja sähköajoneuvojen suurin hyöty tulee polttoainekulutuksen vähenemisestä. Tähän vaikuttaa sähkömoottorin käyttö sekä jarrutusenergian osittainen hyötykäyttö. Polttomoottoria pystytään hybrideissä käyttämään optimaalisella kuormitus- ja kierroslukualueella, mikä vähentää polttoaineen kulutusta. Hybridi- ja sähköautojen yleistymistä hidastaa puuttuva latausinfrastruktuuri ja akkuteknologian hidas kehitys.

Sähkö- ja hybridautoja korjattaessa on korjaamolla oltava sähkötöiden johtaja. Hän vastaa siitä, että työt tehdään turvallisesti ja työn suorittaja on pätevä tekemään kyseisiä sähkötöitä. Sähkötöitä tehdessä on aina muistettava sähkön vaarallisuus. Pienikin virta kehon läpi saattaa aiheuttaa vakavia vammoja tai kuoleman. Siksi sähköturvallisuustekijät ovat erityisen tärkeitä. Ensiapukoulutus on oltava jokaisella sähkötöitä tekevällä ja suositeltavaa on, että kaikki korjaamon työntekijät saisivat ensiapukoulutuksen.

ASIASANAT:

Hybridautot, Sähköautot, Sähköautojen korjaus, Hybridautojen korjaus, Sähkötyöturvallisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering | Automotive Engineering

Spring 2013| 54 pages

Instructor Markku Ikonen

Jukka Moisala

INTRODUCTION OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES AND A STUDY OF REPAIR REGULATIONS

The purpose of this thesis was to introduce electric and hybrid vehicles and their technology. In repairs one is dealing with high voltage components, which brings certain difficulties to repair shops. Electric accidents can be lethal and that is why new regulations regarding electric vehicle repairs are made.

This thesis was commissioned by Keskusautohalli Ltd. The main reason for this thesis was new car models entering the Finnish markets. In the future there will be more car models with electric power and this brings challenges to repair shops. How to service and repair these vehicles?

The intention was to compile a guide which would be useful for the personnel of the repair shop as much as to the salesmen who may have to answer clients' questions concerning electric or hybrid vehicles.

The greatest advantage of hybrid and electric vehicles is decreased fuel consumption. Lower fuel consumption is due to the use of electric motor and partial reuse of braking energy. In hybrid cars internal combustion engine can be used at its optimal load and revolution level. The biggest problems concerning plug-in hybrids and electric cars are lacking recharging infrastructure and slow progress of battery technology.

When repairing high voltage vehicles, the company has to have an electrical work foreman. His task is to ensure that working is safe and that the worker has adequate qualifications for the job. The most important point of electrical work is safety. Even a small amount of current can do great damage or even kill. This is why every employee who works with electrical components has to have a first aid training.

KEYWORDS:

Hybrid vehicle, electric vehicles, repairs of electric vehicles, repairs of hybrid vehicles, safety of electric repairs

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 KESKUSAUTOHALLI OY	9
3 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN YLEISTYMISTÄ EDESAUTTAVIA ASIOITA	11
3.1 Ilmastonmuutos ja kasvihuoneilmiö	11
3.2 Hiilidioksidin ja muiden päästöjen muodostuminen polttomoottorissa	12
3.3 Fossiilisten polttoaineiden hupeneminen	12
4 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN YLEISTYMISEN ESTEET	14
5 HYBRIDIAJONEUVOJEN ESITTELY	15
5.1 Hybridiajoneuvo	15
5.1.1 Regeneratiivinen jarrutus	16
5.1.2 Polttomoottorin optimaalinen kuormitus	16
5.2 Erilaiset hybridisovellukset	18
5.2.1 Rinnakkaishybridi	18
5.2.2 Sarjahybridi	21
5.2.3 Jaetun tehon hybridi eli power split -hybridi	23
5.2.4 Hybrideihin liittyviä käsitteitä	25
6 TÄYSSÄHKÖAJONEUVO	27
7 YLEISIMMIN KÄYTETTYJÄ SÄHKÖMOOTTORITYYPPEJÄ	28
7.1 Tasasähkökone	28
7.2 Vaihtosähkökone	29
8 AKKU JA KONDENSAATTORI	31
8.1 Akku	31
8.2 Kondensaattori	33
9 SÄHKÖTÖIDEN VASTUUT JA HENKILÖVAATIMUKSET	34
9.1 Koulutus- ja pätevyysvaatimukset	34
9.1.1 Sähköpätevyudet	34
9.1.2 SFS 6002 mukainen sähköturvallisuuskoulutus	35
9.1.3 Autoalan sähköturvallisuustutkinto	36

9.1.4 Sähkötöiden johtaja	36
9.1.5 Työstä vastaava henkilö tai työnaikainen sähkötöiden valvoja	37
9.1.6 Sähköalan ammattihenkilö ja autosähköalan ammattihenkilö	38
9.1.7 Opastettu henkilö ja maallikko	39
10 SÄHKÖTYÖT JA -TURVALLISUUS	41
10.1 Jännitelajien määrittely	41
10.2 Sähkötyöt	41
10.2.1 Työskentelyn aloitus ja jännitteettömäksi tekeminen	42
10.2.2 Jännitetyö	43
10.2.3 Jännitetyön koulutusvaatimukset	44
10.2.4 Työalue, jännitetyöalue ja lähityöalue	44
10.2.5 Työkalut ja varusteet	45
10.2.6 Kilvet	46
10.2.7 Kolaritapauksissa huomioitavaa	46
11 SÄHKÖN VAARAT JA ENSIAPUKOULUTUS	48
11.1 Vaarallisen sähkövirran ja jännitteen määrittely	48
11.2 Valokaari	49
11.3 Ensiapukoulutus	49
11.4 Yleisiä ohjeita sähköturman ensiapuun	50
12 YHTEENVETO	51
13 POHDINTA	52
LÄHTEET	53

LIITTEET

Liite 1. Jännitetyöalue.

Liite 2. Esimerkkejä kielto- ja varoitusmerkeistä.

Liite 3. 3 ST-Kortissa esitetyt ensiapuohjeet.

KUVAT

Kuva 1. Volkswagen Golf 1.6 FSI ominaiskulutuskäyrästä (ATZ/MTB 2003).	17
Kuva 2. Rinnankytkentä jossa yhteinen vaihdelaatikko (Hietalahti 2010, 16).	19
Kuva 3. Rinnankytkentä, jossa etu- ja jälkikytkentä (Hietalahti 2011, 17).	20
Kuva 4. Sarjahybridin rakenne (Hietalahti 2011, 14).	21
Kuva 5. MAN Lion's City Hybrid on sarjahybridi (MAN 2011).	22
Kuva 6. Toyota Priuksen tehonsiirtoyksikkö (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 31).	24
Kuva 7. Toyota Priuksen tehonjakoyksikkö (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 34).	24
Kuva 8. Hyundai ix35 polttokennovetyauto (Hyundai 2012).	27
Kuva 9. Kolmivaiheinen staattorikäänitys (Hietalahti 2011, 34).	29
Kuva 10. Esimerkki Toyota Priuksen (XW30, 2009-) pelastuskortista (Linja-aho 2012, 72).	47

TAULUKOT

Taulukko 1. Jännitetyömitat (SFS 6002, 46)	45
--	----

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä erilaisia hybridi- ja sähköajoneuvosovelluksia ja minkälaisia ongelmia ja etuja tämänlaisen teknologian yleistyminen tuo. Lisäksi esitellään hybridi- ja sähköajoneuvojen korjaukseen liittyviä määräyksiä ja asioita, joita on hyvä tietää, kun ollaan tekemisissä näiden ajoneuvojen kanssa.

Entistä tehokkaampi energiankäyttö on noussut yhdeksi tärkeimmiksi tavoitteiksi lähes kaikilla elämän aloilla. Tähän suurimmat syyt ovat ilmastonmuutoksen aiheuttamat uhat ja fossiilisten polttoaineiden ehtymisen uhka. Nämä vaativat entistä voimakkaampia ja suurempia tekoja, jotta päästöt pysyvät kohtuullisella tasolla ja fossiilisten polttoaineiden kulutusta voidaan pienentää.

Liikenne aiheuttaa noin 20 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Tästä noin 90 % aiheutuu tieliikenteen päästöistä. Merkittävimpana hiilidioksidipäästöt, jota syntyy puhtaassa palamisessa polttomoottorissa, eikä sen määrää voida vähentää millään erillisillä suodattimilla. Hiilidioksidipäästöt riippuvat siis suoraan ajoneuvon polttoainekulutuksesta. Muita päästöjä autojen polttomoottoreista ovat typen oksidit ja hiilimonoksidi, jotka ovat haitallisia paikallisesti. (Trafi 2012a.)

Suomessa pyritään ohjaamaan ajoneuvojen hankintaa vähemmän hiilidioksidipäästöjä tuottaviin ajoneuvoihin. Kuluttajia ohjataan erityisesti verotuksella. Epäsuorasti ajoneuvon valintaa ohjaa polttoaineverotus, joka on Suomessa varsin korkea. Näin pyritään saamaan ihmisiä valitsemaan vähemmän polttoainetta kuluttavia ajoneuvoja ja samalla saadaan varsin huomattava määrä verotuloja (Trafi 2012b). Autovero maksetaan ennen ajoneuvon ensirekisteröintiä. Autovero määräytyy auton hiilidioksidipäästöjen mukaan, joten vähemmän polttoainetta kuluttavat ajoneuvot saavat hintaetua. (Veronmaksaja 2012a.)

Ajoneuvovero koostuu perusverosta sekä käyttövoimaverosta dieselajoneuvoissa. Vero määrittyy auton hiilidioksidipäästöjen mukaan, jolloin enemmän päästöjä tuottavasta autosta joutuu maksamaan enemmän ajoneu-

voveroa. Ajoneuvoja, joissa ei käytetä moottoribensiiniä, verotetaan käyttövoimaverolla. Ajoneuvovero maksetaan vuosittain 12 kk verokausina joka vuosi. (Veronmaksaja 2012b.)

On siis selvää, että jatkossa nähdään entistä vähemmän polttoainetta kuluttavia autoja. Yksi todennäköisimmistä suuntauksista on hybridi- ja sähköautojen yleistyminen. Tällä hetkellä näiden autojen valmistuskustannukset ovat tavallisia autoja korkeammat. Myös käyttömahdollisuuksia rajoittaa etenkin sähköautojen kohdalla puuttuva latausinfrastruktuuri. Molempien ajoneuvotyyppien ongelmana on akkuteknologian kehitys, joka ei vielä pysty kilpailemaan polttomoottorien energialähteiden kanssa. Hybridi-ajoneuvoissa toki tämä rajoittava tekijä ei vaikuta niin voimakkaasti, mutta etenkin sähköautojen yleistymistä jarruttaa vielä varsin lyhyet käyttömatkat. Lähes jokaisella autovalmistajalla on kuitenkin ainakin suunnitteilla oma hybridi- tai sähköajoneuvo.

Yhtenä näiden ajoneuvojen yleistymisen esteenä ovat ennakkoluulot ja totuttujen tapojen muuttaminen. Hybrideihin siirtymisessä muutos on pienempi, mutta etenkin luotettavuudessa saattaa olla ennakkoluuloja. Tosin tämän hetkiset tiedot eivät osoita minkäänlaista epäluotettavuuden kasvua aikaisemmin julkaistujen mallien puolesta. Myös uusien mallien tulo auttaa ihmisiä kokeilemaan ja tutustumaan hybridi- ja sähköautoihin.

Myös korjaamoille hybridi- ja sähköautojen tulo tuo uusia haasteita. Etenkin korkeajännitteisten komponenttien kanssa toimiminen voi olla haastavaa ja jopa hengenvaarallista väärin toimittuna. Tästä syystä uudet korjausvaatimukset ovat astuneet voimaan, jotta vaaratilanteita ei syntyisi.

2 KESKUSAUTOHALLI OY

Keskusautohalli Oy on Volvo-, Renault-, Hyundai- ja Isuzu- henkilö- ja tavara-autoja myyvä ja huoltava yritys. Lisäksi palveluihin kuuluu edellä mainittujen automerkkien varaosien ja tarvikkeiden myynti. Yritys on perustettu vuonna 1927, ja se on Suomen ja maailman toiseksi vanhin Volvo-jälleenmyyjä. Keskusautohallilla on neljä toimipistettä. Suurin toimipiste on Turussa sijaitseva Rieskalähteentien toimipiste, joka otettiin käyttöön elokuussa 2012. Samalla Turun ja Raision toimipisteiden huolto- ja varaosamyynti siirtyi Rieskalähteentielle. Samoin Volvojen myynti keskittyi Turun alueella Rieskalähteentielle. (Keskusautohalli 2013.)

Rieskalähteentiellä myydään myös Hyundaiä sekä vaihtoautoja. Raisioon jäi Renault-henkilö- ja tavara-autojen myynti, Isuzun myynti sekä käytettyjen henkilöautojen sekä tavara-autojen myynti. Muut toimipisteet sijaitsevat Forssassa sekä Salossa. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Heikki Hedman. (Keskusautohalli 2013.)

Vuonna 2011 Keskusautohallin liikevaihto oli noin 73 miljoonaa euroa. Samana vuonna myytiin 1428 uusia autoja sekä 2446 käytettyä vaihtoautoa. Huoltotapahtumia kyseisenä vuonna oli 35394 kappaletta. (Keskusautohalli 2013.)

Sähkö- ja hybridiautot Keskusautohalli Oy:n edustamissa merkeissä

Lähitulevaisuuden kannalta tärkeimpänä yrityksen näkökulmasta on Volvon Plug-in- hybridi V60, jonka myynti on jo alkanut ja ensimmäiset kappaleet luovutetaan Suomessa helmikuussa. Autossa on 2.4-litrainen Diesel-moottori, joka tuottaa tehoa 158 kW sekä 440 Nm vääntömomenttia. Sähkömoottori on vaihtovirtamoottori, joka tuottaa tehoa 50 kW ja vääntömomenttia 200 Nm. Verrattuna tavalliseen V60-malliin, auto painaa 300 kg enemmän, josta 150 kg johtuu akun painosta. Akku on 400 V jännitteellä toimiva litiumioniakku, jonka energiamäärä on 11,2 kWh. (Volvocars 2013a.)

Renault on julkaissut neljä sähköautokonseptia: Renault Twizy, Kangoo, Zoe ja Fluence. Autot ovat täyssähköajoneuvoja ja niitä markkinoidaan Renault Z.E (zero emission) -autoina (Renault-ze 2013a). Renault on sitoutunut vähentämään CO₂-päästöjä. Nämä sähköautot kuuluvat niin kutsuttuun ECO2-strategiaan, jonka tarkoituksena on päästä päästötavoitteisiin. Autojen materiaalit ovat käyttöikänsä päätyttyä 95 % uudelleen käytettävissä ja autoissa on myös käytetty kierrätettyjä materiaaleja. (Renault-ze 2013b.)

3 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN YLEISTYMISTÄ EDESOUTTAVIA ASIOITA

Sähkö- ja hybridautojen päätarkoituksena on vähentää fossiilisten polttoaineiden kulutusta. Sähköenergia voi olla täysin hiilidioksidipäästötöntä energiaa. Puhtaus riippuu sähkön tuottamistavasta. Miksi fossiilisten polttoaineiden kulutusta pitäisi vähentää? Seuraavissa kappaleissa selvitetään suurimpia syitä. Sähkö- ja hybridautojen muita hyötyjä käsitellään tarkemmin luvussa 5.

3.1 Ilmastonmuutos ja kasvihuoneilmiö

Yksi suurimmista tulevaisuuden uhista on ilmastonmuutos. Ilmastonmuutos aiheuttaa ennalta arvaamattomia vaikutuksia eri alueiden sademääriin ja lämpötiloihin. Tämä aiheuttaa vahinkoa erityisesti maataloudelle. Paikalliset kuivuusaallot sekä rankkasateet saattavat tuhota kokonaisia satoja. Ilmastonmuutoksen edetessä on mahdotonta arvioida tarkasti minkälaista tuhoa ilmastonmuutos aiheuttaa eläimille ja kasveille. (Ikonen 2012.)

Kasvihuoneilmiö on elintärkeä ilmiö elämälle maapallolla. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon keskilämpötila olisi noin - 20 °C. Auringosta tuleva energia lämmittää maapallon ilmakehää, mutta osa heijastuu takaisin avaruuteen. Ilmakehässä oleva hiilidioksidi ja muut kasvihuonekaasut estävät osan energiasta lähtemästä takaisin avaruuteen näin lämmittäen maapalloa. Tätä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi. Erityisesti hiilidioksidin suuri lisäys ilmakehässä on aiheuttanut, että yhä pienempi energiamäärä poistuu avaruuteen. Näin ollen maapallon keskilämpötila on alkanut kohota. (Ikonen 2012.)

Suurin yksittäinen syy hiilidioksidipitoisuuden kasvuun on ihmisten toiminnasta aiheutuva lisäys. Suurimpana syynä on fossiilisten polttoaineiden käyttö. Kasvihuoneilmiön vahvistuminen on osasyllinen ilmastonmuutokseen ja sen aiheuttamiin ongelmiin. Tästä syystä hiilidioksidin määrän lisääntymistä ilmakehään on alettu aktiivisesti vähentää. (Ikonen 2012.)

3.2 Hiilidioksidin ja muiden päästöjen muodostuminen polttomoottorissa

Perinteinen polttomoottori tuottaa täydellisesti toimiessaan päästöinä ainakin vettä (H_2O) sekä hiilidioksidia (CO_2). Nämä yhdisteet muodostuvat, kun hiilivetyjä (HC) ja happea yhdistetään (O_2). Moottori harvoin toimii niin optimaalisesti, että palaminen olisi täydellistä. Kun palaminen ei ole täydellistä, syntyy hiilimonoksidi- (CO) sekä hiilivetypäästöjä (HC). Näiden päästöjen lisäksi syntyy typpioksidipäästöjä (NO_x), jotka muodostuvat ilmasta saatavan typen (N) ja hapen reagoidessa. Näitä päästöjä pystytään vähentämään bensiinimoottorissa esimerkiksi kolmitoimikatalysaattorilla joko hapettamalla tai pelkistämällä. (Ikonen 2012.)

Hiilidioksidipäästöjä on kuitenkin mahdotonta vähentää millään suodattimella tai katalysaattorilla. Itse asiassa hiilimonoksidi- ja hiilivetypäästöt pyritään hapettamaan juuri hiilidioksidiksi, sillä hiilidioksidi ei ole myrkyllinen aine. Ainoaksi mahdolliseksi vaihtoehdoksi hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi jää tällöin polttoainekulutuksen pienentäminen. Polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi on useita keinoja, joista yksi on hybriditeknologia tai täysin polttomoottoriton sähköauto. Biokomponenttien lisääminen vähentää hiilidioksidin lisääntymistä ilmakehään, sillä ne tavallaan kierrättävät jo ilmakehässä olevaa hiilidioksidia. (Ikonen 2012.)

3.3 Fossiilisten polttoaineiden hupeneminen

Fossiilisten polttoaineiden tuotantohuippu on jo ylitetty tai ylitetään lähivuosikymmeninä. Useissa suurimmissa öljylähteissä on jo tuotantohuippu saavutettu. Tarkkaa huippukohtaa on vaikea arvioida poraamisteknologian kehittymisen vuoksi, mutta selvää on, että raakaöljy ei tule riittämään ikuisesti. Myös suurimpien öljylähteiden tiedetään sijaitsevan poliittisesti epästabiileilla alueilla, kuten

Lähi-idässä. Tämä tuo myös epävarmuutta öljyn saatavuuteen, mikä aiheuttaa hinnankorotuspaineita. (Ikonen 2012.)

Kaikki suurimmat öljynkuluttajamaat ovat riippuvaisia tuontiöljystä. Tästä syystä vaihtoehtoisten energialähteiden ja -muotojen tutkiminen ja kehitys ovat elintärkeitä tulevaisuudessa. Etenkin kun tulevaisuudessa energiankulutus kasvaa kehittyvien maiden vaikutuksesta. (Ikonen 2012.)

4 SÄHKÖ- JA HYBRIDIAUTOJEN YLEISTYMISEN ESTEET

Hybridien ja sähköautojen teknologia on osittain varsin monimutkaista ja siksi myös kallista. Etenkin suurten tuotantolinjojen ja alihankkijoiden puuttuminen pitää hintoja korkeina. Tämä on omiaan hidastamaan autojen yleistymistä. Esimerkiksi Volvo V60 samalla varustelulla ja D5- dieselmoottorilla maksaa noin 10 000 euroa vähemmän kuin vastaava hybridimalli. (Volvocars 2013b.)

Puhtaiden sähköautojen kohdalla erityiseksi ongelmaksi tulee akkujen kapasiteetti ja toimintasäde. Vuoden autoksikin vuonna 2011 valitun Nissan Leafin toimintasäde on parhaimmillaan vain 175 km. Ajomatkaan vaikuttaa tietenkin ajotyyli, nopeus, maaston pinnanmuodot sekä lisälaitteiden käyttö (Nissan 2013). Talvella lämmitys on hoidettava todennäköisesti jonkinlaisella lisälämmittimellä, sillä ohjaamon lämmittäminen veisi hyvin radikaalisti energiaa akulta.

Hybridi- ja sähköautojen lataaminen aiheuttaa myös ongelmia. Latauspisteitä on vielä harvasti ja nekin vain kaupungeissa. Akkujen lataaminen tavallisesta verkkovirrasta on hidasta ja lataaminen vaatii lisälaitteita. Pistokkeen on myös oltava vikavirtasuojattu. (Kaarlampi 2012.)

Sähkö- ja hybridiautot eivät ole automaattisesti CO₂-päästöttömiä, vaikka ne käyttäisivätkin vain sähköenergiaa liikkumiseen. Huomioon pitää ottaa sekä sähköntuotantotapa että ajoneuvon valmistukseen vaikuttavat tekijät kuten esimerkiksi akkujen valmistus. Mikäli sähkö on tuotettu esimerkiksi kivihieillä, voi sähköauto olla loppujen lopuksi CO₂-päästöiltään jopa huonompi vaihtoehto kuin taloudellinen polttomoottoriauto.

Polttomoottoritekniikkaa kehitetään jatkuvasti, ja autoista tulee koko ajan vähemmän kuluttavia. Myös useita muita vaihtoehtoja kehitetään, joista esimerkiksi vetyautot, etanolikäyttöiset autot ja kaasukäyttöiset autot. Nämä teknologiat ovat usein lähellä diesel- ja bensiinimoottoreita, joten ne saattavat olla tutumpia ja varmempia kuin sähkökäyttöiset. Myös toimintasäde on usein parempi.

5 HYBRIDIAJONEUVOJEN ESITTELY

5.1 Hybridiajoneuvo

Hybridiajoneuvo tarkoittaa kulkuvälinettä, jossa on vähintään kaksi eri voimantähdettä. Yleisimmin hybrideillä tarkoitetaan sähkömoottorin ja polttomoottorin yhdistelmää. Hybridiajoneuvoja voidaan myös kutsua toiselta nimeltään yhdistelmäajoneuvoiksi. Erilaisia sovelluksia, miten teho otetaan eri tehonlähteiltä, on useita. (Bosch 2002, 645.)

Sähkömoottori on useissa tapauksissa huomattavasti parempi vaihtoehto kuin perinteinen polttomoottori. Sähkömoottorin hyötysuhde on selvästi parempi kuin polttomoottorin. Maksimivääntö saadaan käytännössä heti käyttöön, jolloin periaatteessa voidaan ajaa ilman vaihdelaatikkoa, sillä välityssuhdetta ei tarvitse muuttaa. Sähkömoottorissa melu- ja värinätaaso ovat alhaisempia ja se on lähes huoltovapaa. Sähkömoottorin suurimmat ongelmat tulevatkin energiansäilytyksestä ja energiatiheudessa. Verrattuna esimerkiksi bensiiniin, nykyisten akkujen energiasäilytys vastaa muutamaa desilitraa bensiiniä, vaikka akkujen paino voi olla useita kymmeniä kiloja. (Linja-aho 2012, 42–43.)

Hybridiajoneuvoja voidaan pitää tavallaan välivaiheena siirtymiselle täyssähköautoihin. Tämä tosin on vasta arvio, mutta tulevaisuudessa todennäköisesti siirrytään yhä enenevässä määrin sähköautoihin. Hybridien suurin hyöty saadaan regeneratiivisella jarruttamisella eli jarrutusenergia saadaan osittain talteen akkuihin. Toinen merkityksellinen seikka on, että polttomoottorin kokoa voidaan pienentää ja sitä voidaan käyttää tehokkaammalla kuormitusalueella. Eli polttomoottoria voidaan kuormittaa enemmän ja pitää myös optimaaliset kierrokset, jotta polttoaineen kulutus olisi mahdollisimman vähäinen. (Linja-aho 2012, 42–43.)

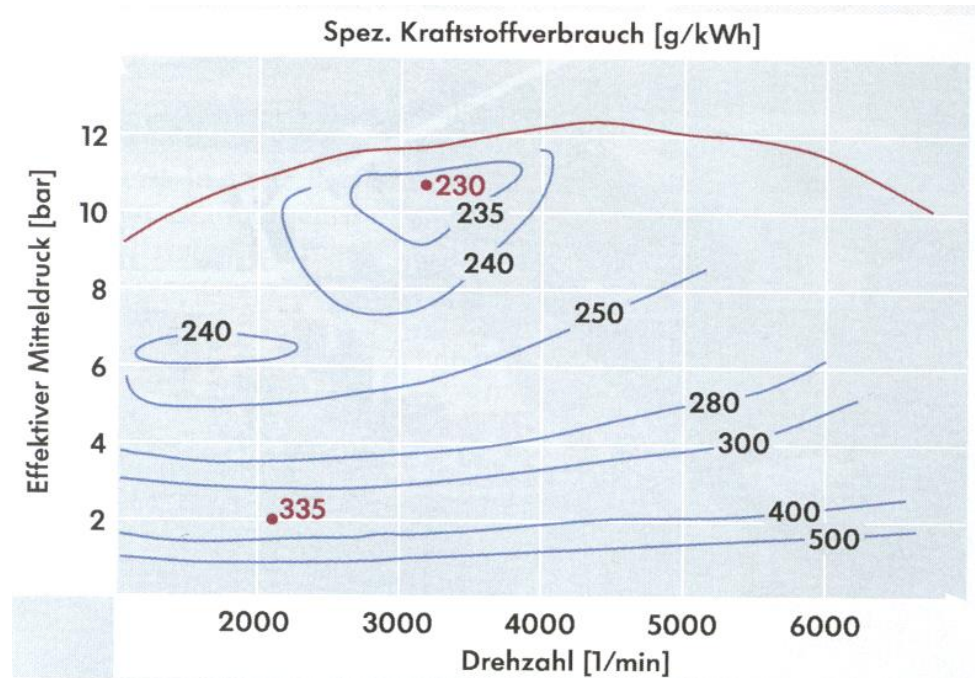
5.1.1 Regeneratiivinen jarrutus

Regeneratiivinen jarrutus tarkoittaa siis kineettisen liike-energian talteenottoa sähköenergiaksi akkuihin ajoneuvoa hidastettaessa. Huomion arvoista on kuitenkin, että paras hyöty saadaan aina, kun kineettistä energiaa ei jouduta muuttamaan, eli liikettä ei jouduta hidastamaan. Tässä suhteessa regeneratiivisen jarrutuksen hyödyistä voidaan olla montaa mieltä. On kuitenkin tilanteita, jossa nopeutta on alennettava ja tällöin energian talteenotto on tottakai hyödyllistä. Regeneratiivisen jarrutuksen toteuttamiseen on monia tapoja. (Ikonen 2012.) Luvussa 5.2.3 esitellään Toyota Priuksen tehonsiirtoyksikön toimintaa.

5.1.2 Polttomoottorin optimaalinen kuormitus

Yleisesti voidaan sanoa, että polttomoottorin hyötysuhde on parhaimmillaan alhaisilla pyörimisnopeuksilla ja kun moottorin kuormitustaso on noin 80–90 % maksimista, oli kyseessä sitten hybridi- tai perinteinen polttomoottoriauto. Nykyisten autojen tehokkailla moottoreilla ajettaessa pelkällä polttomoottorilla maantienopeuksilla, kuormitustaso jää matalaksi, jolloin taloudellisuus jää heikoksi. Mikäli ajettaisiin alhaisemmalla vaihteella, kierrokset nousisivat ja vaikutus olisi sama. Jos taas kuormitustilaa nostettaisiin, ajettaisiin ylinopeutta ja myös ajovastukset kasvaisivat suuresti. (Ikonen 2011, 47.)

Seuraavassa kuvassa näkyy ominaiskulutuskäyrästä, jonka avulla on helppo ymmärtää millä kuormitus- ja kierroslukualueilla polttomoottori toimii taloudellisesti.



Kuva 1. Volkswagen Golf 1.6 FSI ominaiskulutuskäyrästä (ATZ/MTB 2003).

Käyrästä näkyy taloudellisin alue eli se, missä ominaiskulutus (g/km) on pienimmillään. Pienin arvo on 230 g/km. Se esiintyy tehollisen keskipaineen ollessa runsaat 10 bar, ja moottorin kierrosluvun ollessa n. 3200 1/min. Kierroslukualueella 2700–3800 1/min ominaiskulutus pysyy arvon 235 g/km alapuolella. Tehollinen keskipaine kertoo laskennallisen paineen, joka vaikuttaa mäntään palamishetkellä. Tehollinen keskipaine on siis keino kuvata moottorin kuormitustilaa. Esimerkkikuvaajassa kyseessä on bensiinimoottori. Diesel-moottorissa tehollinen keskipaine on suurempi ja kierrosluku matalampi. Ominaiskulutusluvut ovat myös matalampia.

Hybridiajoneuvoissa kuormitustilaa voidaan nostaa paremman hyötysuhteen alueelle. Pienillä kuormilla voidaan käyttää pelkästään hyvän hyötysuhteen sähkömoottoria ja kuormitustilan kasvaessa voidaan ottaa mukaan polttomoottori. Täydellä tai melkein täydellä kuormalla käytetään molempia polttomoottoria ja sähkömoottoria maksimitehon saamiseksi. (Ikonen 2011, 81–87.)

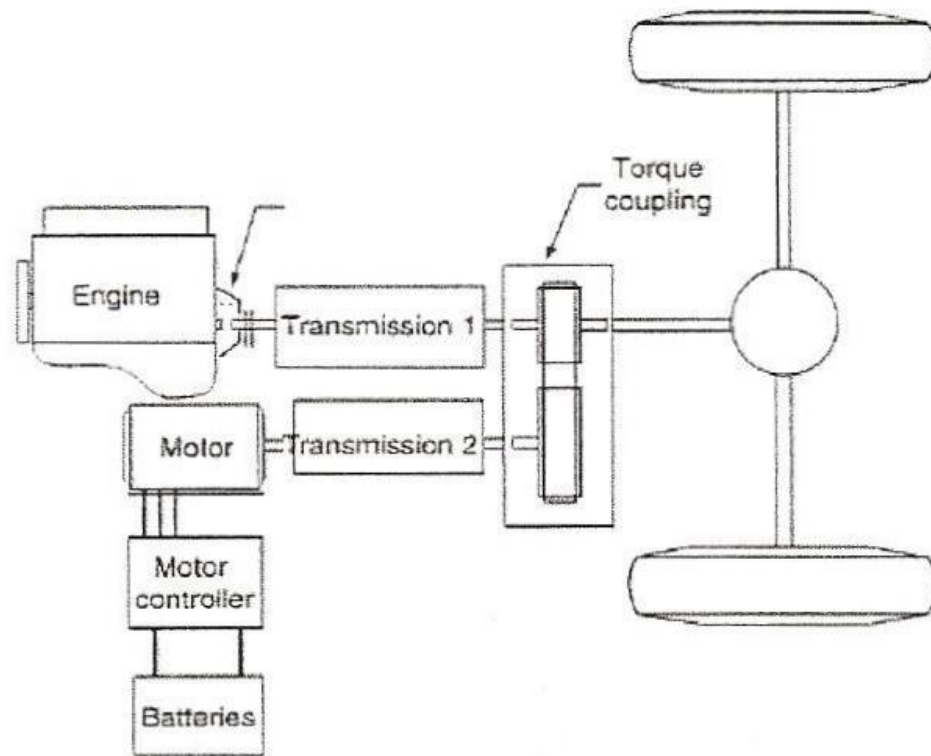
5.2 Erilaiset hybridisovellukset

Hybridien voimansiirto voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Erilaisissa käyttöolosuhteissa on järkevää käyttää erilaisia hybridisovelluksia. Näin saadaan paras mahdollinen hyöty irti teknologiasta. Hybridin tarkoituksena on minimoida polttomoottorin heikkouksia, sillä polttomoottori on edelleen pääasiallinen voimanlähde (Bosch 2002, 645). Seuraavaksi esitellään yleisimmät hybridisovellukset sekä selitetään hybrideihin liittyvää termistöä.

5.2.1 Rinnakkaishybridi

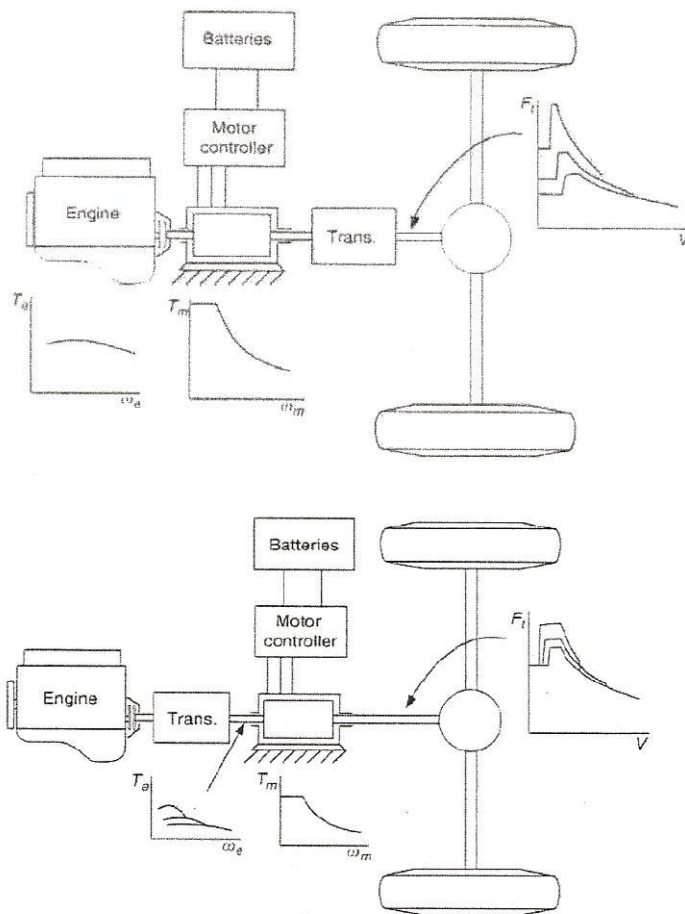
Rinnakkaishybridissä molemmat poltto- sekä sähkömoottori tuottavat rinnakkain mekaanista tehoa kuormalle. Molemmat ovat yhteydessä mekaanisen vaihteiston kautta vetäville pyörille. Tästä on se hyöty, että energiaa ei tarvitse muuttaa muodosta toiseen, jolloin ei synny turhia häviöitä. Rinnakkaishybridissä ei kyetä rajoittamaan polttomoottorin kuormitustasoa sen kapealle optimaaliselle kuormitusalueelle mekaanisen yhteiskytken vuoksi. Polttomoottorilla voidaan ladata suurjänniteakkua ajoneuvon ollessa paikallaan. (Hietalahti 2011, 16.)

Rinnakkaishybridin toteutukseen on useita tapoja. Järjestelmässä voi olla yksi yhteinen vaihdelaatikko tai molemmilla moottoreilla oma. Usein moottoreiden momentti yhdistetään momenttitasajalla. (Hietalahti 2011, 16.)



Kuva 2. Rinnankytkentä jossa yhteinen vaihdelaatikko (Hietalahti 2010, 16).

Moottorit voidaan myös yhdistää suoraan niin, että vaihdelaatikko on joko moottoreiden välissä tai niiden jälkeen. Tällaista ratkaisua käytetään usein kevythybridiratkaisuissa, joissa sähköisen tehonsiirron tarve on alhainen. Järjestelmiä kutsutaan pre- ja posttransmission järjestelmiksi eli etu- ja jälkikytketyiksi. (Hietalahti 2011, 17.)



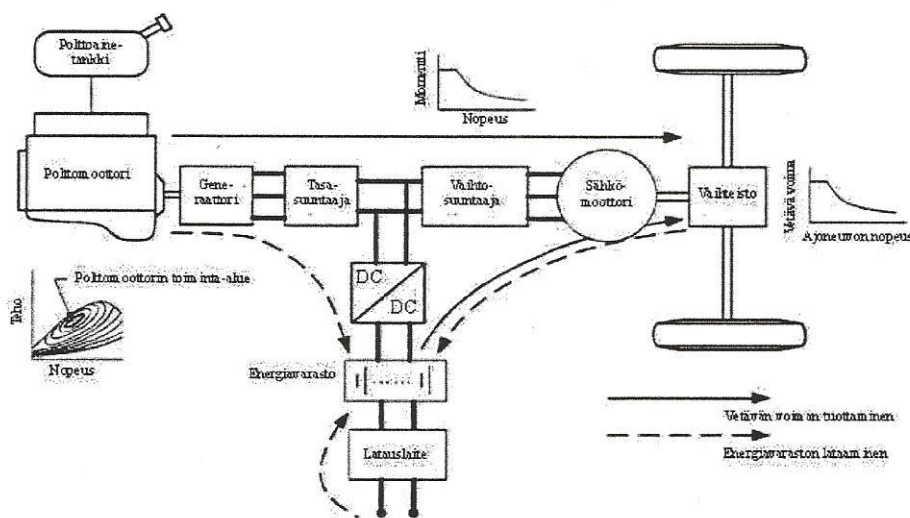
Kuva 3. Rinnankytkentä, jossa etu- ja jälkikytkentä (Hietalahti 2011, 17).

Kolmas vaihtoehto on asettaa sähkö- ja polttomoottorit eri vetoakseleille ilman yhteiskytkentää. Tällöin ajoneuvosta saadaan automaattisesti nelivetoinen. Tässä tapauksessa molemmille akseleille vaaditaan myös erilliset voimansiirtojärjestelmät. Esimerkiksi uusi plug-in hybridi Volvo V60 on toteutettu tällaisella voimansiirtoratkaisulla. Tässä järjestelmässä on se huono puoli, että mikäli sähköajotoiminto ei ole mahdollinen, ei myöskään neliveto toimi. (Hietalahti 2011, 12–17.)

5.2.2 Sarjahybridi

Sarjahybridissä polttomoottorin tuottama energia muutetaan suoraan sähköenergiaksi. Tässä järjestelmässä polttomoottorilla ei ole lainkaan suoraa yhteyttä vetopyörästään. Tällöin teho ohjataan suoraan sähkömoottorille tai energia-
varastoon. Etuna tässä järjestelmässä on, että polttomoottoria voidaan kuormittaa optimaalisella kierrosluku- ja kuormitusalueella. Generaattori on mitoitettava vain oikein. (Hietalahti 2011, 12–14.)

Järjestelmä mahdollistaa myös napamoottoreiden käytön, joka vähentää tilan tarvetta, kun tilaa vievää vetoakselistoa ei tarvita. Napamoottorit tosin lisäävät jousittamatonta massaa, mikä vaikeuttaa jousituksen suunnittelua ja vähentää ajomukavuutta sekä saattaa huonontaa ajo-ominaisuuksia, koska pyörien kyky seurata tienpinnan epätasaisuuksia huononee. Järjestelmästä saadaan yksinkertainen, sillä voimansiirto voidaan toteuttaa täysin sähköisesti. Heikkoutena voidaan pitää energian muutosta toiseen. Tällöin syntyy aina häviöitä ja tasaisessa kuormituksessa järjestelmän hyötysuhde voikin olla jopa polttomoottorin hyötysuhdetta huonompi. (Hietalahti 2011, 12–14.)



Kuva 4. Sarjahybridin rakenne (Hietalahti 2011, 14).

Energia joudutaan muuntamaan ensin polttomoottorilta saatavasta mekaanisesta energiasta vaihtosähköksi. Vaihtosähkö on tasasuunnattava, jotta se voidaan varastoida akustoon. Akulta otettava tasasähkö on jälleen muutettava vaihtosähköksi ennen sähkömoottoria, joka muuttaa sähkön kineettiseksi energiaksi. Jokaisessa välivaiheessa tapahtuu häviöitä, jotka heikentävät hyötysuhdetta. (Honkanen 2011, 114–116; Hietalahti 2010, 12–14.)

Järjestelmä on kaikkein tehokkain ajossa, jossa tapahtuu runsaasti kiihdytyksiä ja jarrutuksia. Tällöin voidaan saada runsaasti energiaa takaisin regeneroivalla jarrutuksella. Tällaisia tilanteita on esimerkiksi julkisessa liikenteessä linja-autojen kaupunkiajossa ja työkoneiden ajosykleissä. Myös joissain plug-in-hybrideissä käytetään sarjahybridiä siten, että akun varaustilan laskiessa riittävän alas, polttomoottori alkaa ladata akkuja. Tällainen järjestelmä on käytössä esimerkiksi Fisker Karmassa. (Honkanen 2011, 114–116; Hietalahti 2010, 12–14.)



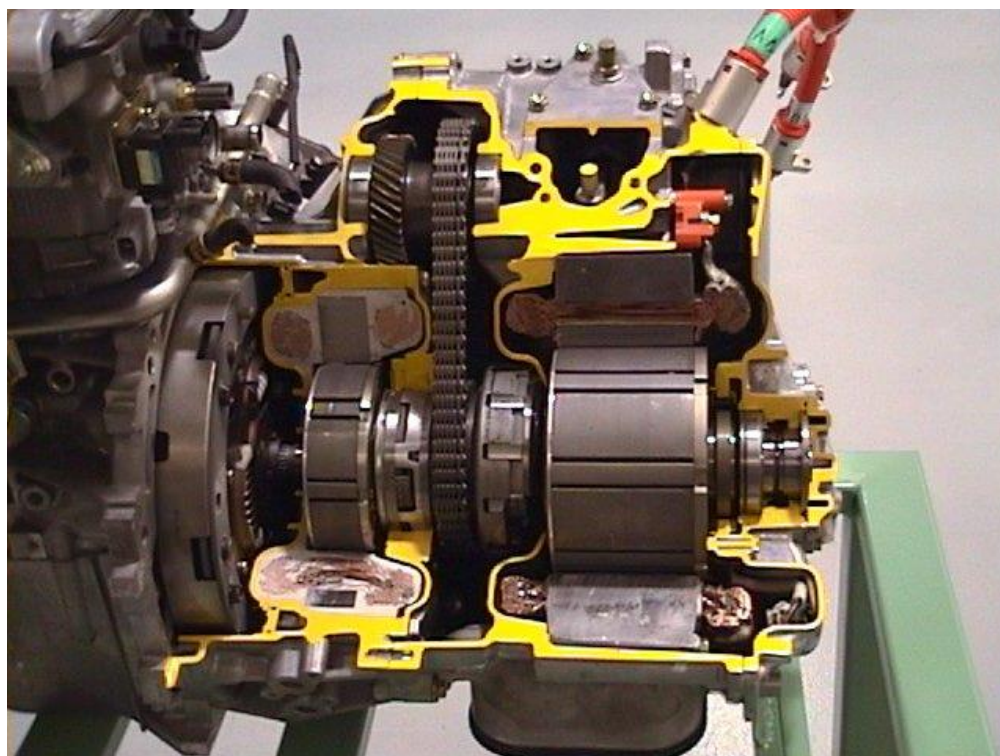
Kuva 5. MAN Lion's City Hybrid on sarjahybridi (MAN 2011).

Sarjahybridillä on kuusi eri toimintatilaa. Se voi käyttää pelkkää sähköenergiaa akulta, jolloin polttomoottori on pysäytettynä. Toinen vaihtoehto on, että polttomoottori tuottaa suoraan generaattorilla tarvittavan energian, jolloin akun virtaa ei käytetä lainkaan. Kolmas vaihtoehto on, että molemmista otetaan energiaa eli

sekä akulta että generaattorilta otetaan virtaa. Neljännessä eli jaetun tehon tilassa polttomoottorin tuottama teho jakautuu akun lataamiseen ja sähkömoottorin käyttämiseen. Viidennessä vaihtoehdossa polttomoottori voi ladata akkua pelkästään ajoneuvon ollessa paikallaan. Jarrutustilanteissa ajomoottori voi regeneroivalla jarrutuksella syöttää energiaa akulle, mikä on kuudes toimintatila. (Hietalahti 2011, 12–14.)

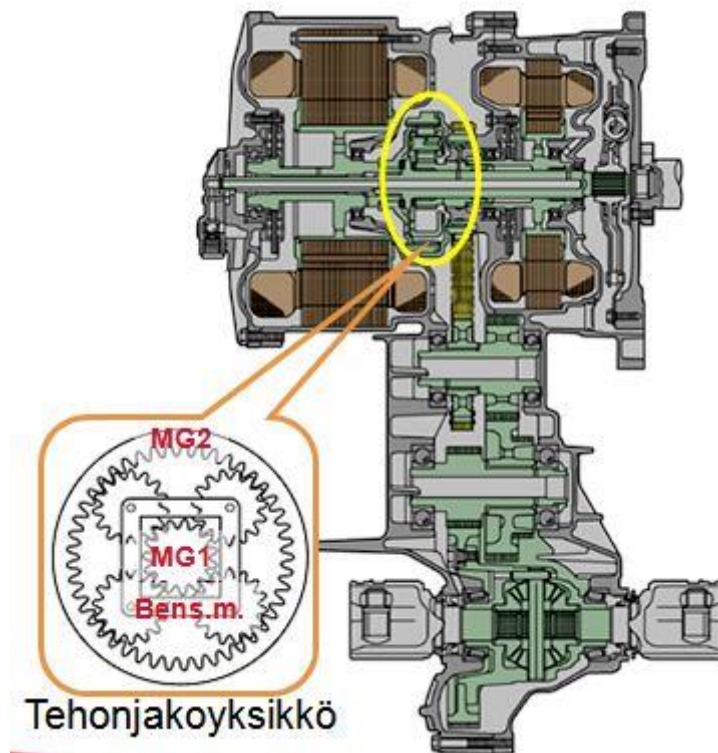
5.2.3 Jaetun tehon hybridi eli power split -hybridi

Jaetun tehon hybridissä on molempien sarja- ja rinnakkaishybridin piirteitä. Sitä voidaan nimittää myös sekahybridiksi tai sarjarinnakkaishybridiksi. Kuuluisin tällainen hybridi on Toyota Prius. Toyota Prius NHW20 autossa on kaksi erillistä sähkömoottoria, joista toinen toimii ajomoottorina sekä generaattorina ja toinen lataa korkeajänniteakkua ja toimii käynnistinmoottorina. NHW20 on Toyota Priuksen toinen sukupolvi ja sitä valmistettiin vuosina 2003–2009. (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 31–35.)



Kuva 6. Toyota Priuksen tehonsiirtoyksikkö (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 31).

Kyseisessä järjestelmässä polttomoottori, generaattori sekä sähkömoottori yhdistetään planeettavaihteiston avulla, jota kutsutaan tehonjakoyksiköksi.



Kuva 7. Toyota Priuksen tehonjakoyksikkö (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 34).

Generaattori on kytketty planeettapyörästäön aurinkopyörään. Sähkömoottori on kytketty planeettapyörästäön kehälle ja polttomoottori planeettapyörien kannattimeen. (Toyota Prius hybrid synergy drive, Toyota ammattioppilaitos 2004, 31–35.)

Tällä järjestelmällä pystytään siis liikuttamaan autoa käyttäen joko pelkkää polttomoottoria, jakamaan tehontarve polttomoottorille ja sähkömoottorille tai käyttää pelkkää sähkömoottoria. Ainoina huonoin puolina voidaan pitää kallista rakennetta sekä toimintakykyä vikaantumistilanteissa. Mikäli generaattori tai sii-

hen liittyvä ohjausjärjestelmä vikaantuu, auto on toimintakyvytön. (Hietalahti 2011, 18–19; Linja-aho 2012, 43.)

5.2.4 Hybrideihin liittyviä käsitteitä

Hybrideihin on tullut paljon lisämääreitä, jotka saattavat joskus olla hieman harhaan johtavia. Seuraavaksi selitetään joitain yleisimpiä käsitteitä jotka saattavat tulla esille hybrideistä puhuttaessa tai kirjallisuudessa.

Mikrohybridi

Autoa, jossa on käynnistys-pysäytysjärjestelmä tai jarrutusenergian talteenotto, mutta kulkee pelkästään polttomoottorin avulla, saatetaan kutsua mikrohybridiksi. Käytännössä tämä ei ole hybridi, koska ajoneuvon liikuttamiseen käytetään vain polttomoottoria ja lisäjärjestelmät auttavat muilla tavoin polttoaineen säästämässä. (Linja-aho 2012:43).

Kevythybridi

Sähkömoottorin tehtävä on avustaa ajoneuvoa vain kiihdytyksissä. Pelkällä sähkömoottorilla ei kykene liikuttamaan ajoneuvoa. (Linja-aho 2012, 43.)

Täyshybridi

Ajoneuvossa on molemmat sähkö- ja polttomoottori. Kummallakin moottorilla voi liikuttaa ajoneuvoa erikseen tai yhtä aikaa (Linja-aho 2012, 43). Toinen täyshybridin määritelmä on, että suurin osa tuotetusta tehosta tuotetaan sähkömoottorilla (Hietalahti 2011, 20).

Plug-in-hybridi

Plug-in-hybriditä voidaan ladata ulkopuolisesta sähköverkosta. Ominaista plug-in-hybrideille on, että niissä on suurempi akusto, jolla voidaan ajaa useampi kymmenen kilometriä pelkästään sähköllä. Näin auto voi toimia periaatteessa sähköautona lyhyillä matkoilla. (Linja-aho 2012, 43–44).

Range extender -ajoneuvo

Tällainen ajoneuvo on käytännössä sarjahybridi, mutta nimityksellä pyritään antamaan sähköautomainen kuva. Ajatuksena on, että sähkökäyttö on auton pääliikkumismuoto. Vain ajettaessa pitkää matkaa, on tarpeen käyttää polttomoottoria tehon tuottamiseksi. Joissain maissa myös voidaan verotusteknisistä syistä saada hybridin verotus alemmaksi, kun käytetään kyseistä nimitystä. Range extender on siis myös plug-in-hybridi (Linja-aho 2012, 44).

Hybridien luokittelu sähköisen tehon mukaan

Hybridisointiaste voidaan määrittää myös laskennallisesti. Hybridisointiaste (H_r) saadaan seuraavasta kaavasta:

$$H_r = \frac{P_{sähk}}{P_{sähk} + P_{ice}}$$

Kaavassa $P_{sähk}$ on sähkömoottorin maksimi teho ja P_{ice} on polttomoottorin maksimiteho. Mikäli $H_r = 0$, on auto täysin polttomoottoriin perustuva. Kun $H_r = 1$, auto on täysin sähkökäyttöinen. Täyshybridillä $H_r > 0,39$. Kevythybrideillä $H_r < 0,23$. Yleisesti voidaan sanoa, että sitä parempi polttoainetalous, mitä suurempi hybridisointiaste. Kuitenkin eri sovelluksilla on erilainen maksimiraja, milloin akuston ja sähkökoneiden massa vähentää hybridisoinnin hyötyä. Myös laitekustannukset nousevat hybridisointiasteen noustessa. (Hietalahti 2011, 20.)

6 TÄYSSÄHKÖAJONEUVO

Sähköajoneuvo on nimensä mukaisesti kulkuväline, joka käyttää ainoastaan sähköä liike-energian tuottamiseen. Erotuksena esimerkiksi niin kutsuttuihin range extendereihin, niissä ei ole polttomoottoria, jonka avulla tuottaa lisävirtaa (Linja-aho 2012, 54).

Täyssähköajoneuvon ei välttämättä ole oltava akulta otetulla virralla toimiva. Tällä hetkellä on kehitteillä vedyllä toimiva polttokennojärjestelmä, jossa vety reagoi hapen kanssa synnyttäen sähkövirtaa. Palamistuotteena syntyy vain vettä ja lämpöä (Teknologiateollisuus 2012). Esimerkiksi Hyundai kehittää polttokennoautoa ja on ilmoittanut aloittavansa sarjatuotannon vuonna 2012 (Hyundai 2012).



Kuva 8. Hyundai ix35 polttokennovetyauto (Hyundai 2012).

Hybridiajoneuvoihin verrattuna sähköautot ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia ja huoltotarve pienempi polttomoottorin puuttumisen vuoksi.

7 YLEISIMMIN KÄYTETTYJÄ SÄHKÖMOOTTORITYYPPEJÄ

Autokäytössä on useita erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa sähköinen tehonsiirto. Seuraavaksi esitellään pääpiirteittäin yleisimmät sähkömoottorityypit ja niiden toimintaperiaatteet.

7.1 Tasasähkökone

Tasasähkömoottorin etuna on yksinkertainen säädinrakenne. Moottori vaatii vain yksinkertaisen hakkuriteholähteen momentin säätämiseksi. Sitä onkin perinteisesti käytetty runsaasti ajoneuvojen moottoreina. Esimerkiksi VR:n käyttämät SR1 sähköveturit käyttävät tätä moottorityyppiä edelleen (Linja-aho 2012, 35–36 ; Hietalahti 2011, 28–32).

Tasasähkömoottori käyttää siis nimensä mukaan tasasähköä (DC, direct current). Tasasähkökoneen rungossa on kiinteä käämitys ja roottorissa toinen käämitys. Roottorin päässä on kommutaattori, joka kääntää virran kulkusuunnan siten, että vääntömomentti on aina pyörimissuuntaa vastaava. Mekaaninen kommutaattori onkin tasasähkökoneen suurin heikkous, sillä sen hiiliharjat kuluvat ja ne on uusittava määrääajoin. Hiiliharjojen kipinöinti myös lisää häiriötä radiotaajuuksilla ja myös estää moottorin käytön syttymis- tai räjähtämisherkillä alueilla. (Linja-aho 2012, 35–36 ; Hietalahti 2011, 28–32; Bosch 2002, 642.)

Kestomagnetoitu tasasähkökone

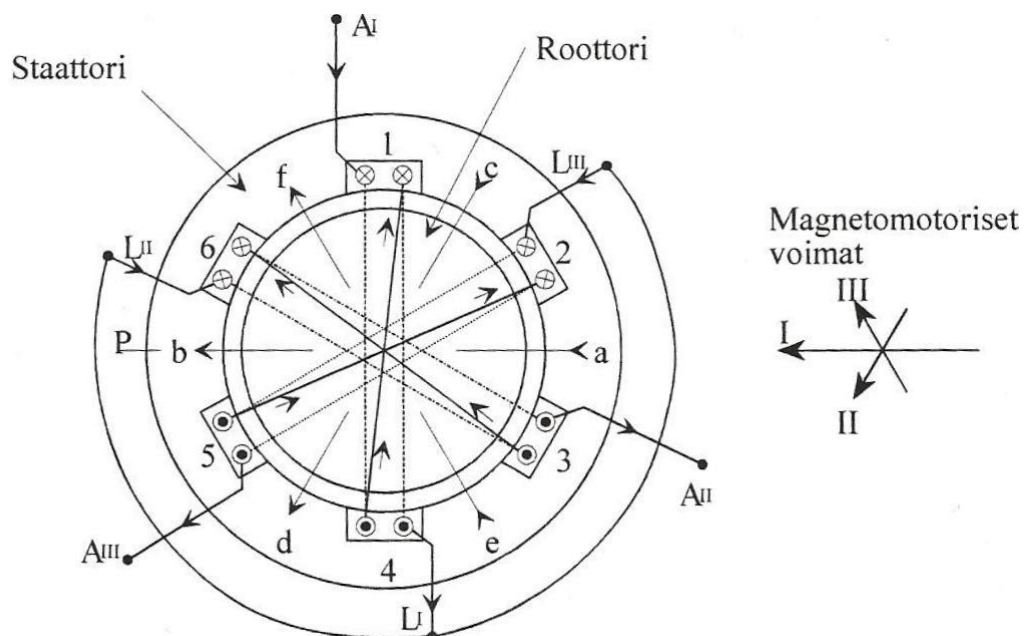
Moottori voidaan myös toteuttaa kestmagnetoituna ratkaisuna. Tällöin moottori voidaan toteuttaa niin kutsuttuna harjattomana DC-moottorina. Tällöin huollon tarve pienenee ja laite on luotettava. Rakenne on myös hiljainen ja sillä on korkea hyötysuhde. Huonoina puolina voidaan pitää rakenteen hintaa, sillä kestmagneetit ovat kalliita. Kestomagneetit voivat myös demagnetoitua etenkin korkeissa lämpötiloissa, joten jäähdytys on toteutettava hyvin. Merkittävin toimin-

nallinen ero on, että tässä moottorissa työvirta syötetään staattoriin, kun taas perinteisessä moottorissa virta syötetään hiiliharjojen välityksellä roottoriin. (Linja-aho 2012, 36 ; Hietalahti 2011, 31–32.)

7.2 Vaihtosähkökone

Selvästi yleisin teollisuudessa käytetty sähkömoottorityyppi on oikosulkumoottori eli epätahtikone. Se käyttää vaihtosähköä, jota saadaan suoraan verkkovirrasta. Oikosulkumoottorin suuri etu on sen yksinkertainen rakenne ja hinta. Se on myös erittäin kestävä ja ainoat kuluvat osat ovat laakerit. (Linja-aho 2012, 36–37.)

Kolmivaiheista epätahtikonetta käytetään lähinnä moottorikäytössä, vaikka se toimisi myös generaattorina. Oikosulkumoottori koostuu staattorista, jonka urissa on staattorikäänitys sekä staattorin sisällä pyörivästä roottorista jonka urissa on käänitys. Seuraavassa kuvassa on esitelty kolmivaiheista staattorikäänitystä (Hietalahti 2011, 33–37).



Kuva 9. Kolmivaiheinen staattorikäänitys (Hietalahti 2011, 34).

Eri vaiheiden välisten käämien kulma on 120° . Käämeissä kulkee kolmivaihevirta. Kolmivaihevirta muodostaa staattoriin pyörivän magneettikentän. Kentän pyörimisnopeuden määrittää vaihtojännitteen taajuus, näin ollen taajuutta muuttamalla säädetään myös pyörimisnopeutta. Pyörivä magneettikenttä leikkaa roottorisauvoja, mikä indusoi niihin jännitteen. Tämä aiheuttaa roottorin pyörittävän voiman. Roottoriin ei tarvitse johtaa erikseen virtaa, joten ei tarvita liukurenkaita tai hiiliharjoja, jotka kuluvat. (Linja-aho 2012, 36–37; Hietalahti 2011, 33–37; Juhala ym. 2005, 237–239.)

Roottori ei voi pyöriä samaa tahtia kuin staattorin kenttä, sillä muuten magneettivoima ei leikkaisi roottorisauvoja, eikä niihin indusoituisi virtoja. Tällöin ei myöskään roottori pyörisi. Tästä syystä moottoria kutsutaan epätahtikoneeksi. Nimitys oikosulkumoottori tulee roottorin oikosuljetusta käämityksestä. (Linja-aho 2012, 36–37; Hietalahti 2011, 33–37; Juhala ym. 2005, 237–239.)

Toinen vaihtosähkömoottorityyppi, kestromagneettitahtikone, on voimakkaasti yleistymässä ajoneuvokäytössä. Etuna tässä konetyypissä on korkea hyötysuhde sekä korkea vääntömomenttitiheys. Tässä moottorissa roottorin käämitys on korvattu kestromagneeteilla. Roottorin rakenne vaihtelee haluttujen ominaisuuksien mukaan. Moottorityypin ongelmana on hankala säädettävyys. (Linja-aho 2012, 37; Hietalahti 2011, 47–50.)

8 AKKU JA KONDENSAATTORI

8.1 Akku

Akku on ajoneuvon sähkökemiallinen energiavarasto. Akku siis ottaa vastaan, varastoi ja tuottaa sähköenergiaa kemiallisilla reaktioilla. Perinteisten akkujen jännitteet ovat olleet 12/24 V riippuen järjestelmästä. Nykyisten sähkö- ja hybridi-autojen ajoakustot voivat olla jännitteeltään 400 V. Tämä on siksi, koska 12 V jännitteellä tarvittavan tehon tuottamiseen vaadittaisiin suuri virta ja tästä johtuen erittäin paksut johtimet sekä käämitykset. Tämä olisi epäedullista ja tilaa vievää. Perinteiset lyijyakut sopivat muutenkin huonosti ajoakuiksi. Niiden elinikä on lyhyt sekä energiatiheys huono. (Linja-aho 2012, 44.)

Yleisesti voidaan sanoa, että akkuteknologian hidas kehitys on ollut yksi suurimmista sähkö- ja hybridi-autojen yleistymistä estävistä tekijöistä. Useita uusia akkuteknologioita on kehitteillä ja niiden toivotaan parantavan etenkin akustojen painoa ja energiatihelyttä. Esimerkkinä kilogrammasta dieseliä saadaan noin 11,8 kWh, kun parhaimmista akuista saadaan parhaimmillaankin vain n. 0,250 kWh/kg. Tosin tässä pitää ottaa huomioon myös polttomoottorin ja sähkömoottorin välinen hyötysuhde ero, mutta silti vertailussa diesel on yliverlainen. Näillä arvoilla laskien sama energiamäärä, kuin esimerkiksi 60 l dieseliä, tarvittaisiin yli 2400 kg akusto.

Valittaessa akkua ajoneuville, on valittava viiden merkittävimmän tekijän väliltä. Nämä ovat teho, energia, elinikä, turvallisuus sekä hinta. Usein nämä tekijät ovat vastakkaisia. Esimerkiksi nostettaessa tehosiheyttä, joudutaan jännitettä nostamaan. Tällöin taas akun elinikä laskee, turvallisuus heikkenee ja hinta nousee. Näin ollen akun valinta on aina yksilöllistä haluttujen ominaisuuksien mukaan. (Hietalahti 2010, 79.)

Ajoakustot vaativat aina kehittyneen hallintajärjestelmän. BMS (Battery management system) on järjestelmä, joka huolehtii muun muassa jokaisen kennon varaustilasta, akuston suojauksesta sekä diagnostiikasta. Ilman tarkkaa hallintaa akuston ikä lyhenisi ja saattaisi aiheuttaa vaaratilanteita. (Hietalahti 2010, 79–80.)

Tärkeimpiä ajoneuvokäytössä olevia akkutyyppejä

Lyijyakut ovat vieläkin yleisimpiä käynnistysakkuina käytettyjä akkuja. Niiden etuina ovat hinta sekä rakenteen yksinkertaisuus. Huonoina puolina ovat huono hyötysuhde suurilla virroilla ja lyhyt käyttöikä. Muita yleisesti käytettyjä käynnistysakkuja ovat muun muassa VRLA/hyytelö-akut, jossa elektrolyytti on kiinteässä muodossa sekä AGM-akut, joissa elektrolyytti on imeytetty lasikuitumattoon. Korvaavat akut ovat järjestäen kalliimpia ja ne kestävät huonosti korkeita lämpötiloja. (Hietalahti 2011, 79; Lindqvist 2011, 45–48.)

Parhaiten tällä hetkellä sähkö- ja hybridiajoneuvojen ajoakuiksi sopii nikkelimetallihydridi-(NiMH) sekä litiumioni(Li-ion)akut. Näiden akkujen energia- ja tehotehoisuus on huomattavasti parempi kuin lyijyakkujen. Myös käyttöikä sekä hyötysuhde ovat parempia. Hinta on kylläkin huomattavasti korkeampi kuin lyijyakkuilla. Esimerkiksi Toyota Prius ZVW35 plug-in-hybridi käyttää litiumionikorkeajänniteakkuja, kun taas kolmannen sukupolven täyshybridi Toyota Prius ZW30 käyttää Nikkelimetallihydridikorkeajänniteakkuja. (Martansaari 2010; Hietalahti 2011, 79; Toyota 2013.)

Litium-akkuja testataan jatkuvasti. Seuraavaksi esitellään joitain esimerkkejä mahdollisista tulevaisuuden akuista.

- Litium-koboltti
- Litium-Mangaani
- Litium-Rautafosfaatti
- Litium-Titanaatti

Näissäkin akkutyypeissä on sekä hyviä että huonoja puolia. Mikäli halutaan hyvä energiatehoisuus, stabiliteetti usein kärsii. (Malmari 2012.)

8.2 Kondensaattori

Kondensaattoria tai ajoneuvokäytössä superkondensaattoria voidaan pitää eräänlaisena energiavarastona ja tehopiikkien tasaajana. Akkuihin verrattuna superkondensaattoreissa on pieni energiatiheys, mutta niitä voidaan purkaa suuremmalla virralla ja paremmalla hyötysuhteella. Superkondensaattorit sopivat hyvin raskaiden, suuritehoisten ajoneuvojen energiavarastoksi. Niistä saadaan hetkellisesti suuri teho, mutta varaus ei kestä kovin kauan (Hietalahti 2010, 83–84).

Autoissa on usein korkeajännitekondensaattoreita eli superkondensaattoreita, joiden jännitteettömäksi tuleminen saattaa kulua 5-10 minuuttia akun irrottamisen jälkeen. Tämä on otettava huomioon ennen kuin aletaan huoltotoimenpiteisiin. (Linja-aho 2012, 29.)

9 SÄHKÖTÖIDEN VASTUUT JA HENKILÖVAATIMUKSET

Sähkö- ja hybridautoissa on sähköjärjestelmä, jonka jännite voi ylittää 400 V (ks. luku 8). Tällöin esimerkiksi valokaarionnettomuuksien riski kasvaa suuresti ja pahimmassa tapauksessa onnettomuudet voivat päätyä kuolemaan. Siksi onkin erityisen tärkeää noudattaa annettuja turvallisuusmääräyksiä.

Sähköturvallisuussäännökset perustuvat autoalalla sähköturvallisuusstandardiin SFS6002, joka on yleinen sähköalalle tarkoitettu standardi. Se ei sovi kovin hyvin suoraan sovellettavaksi autoalalle, mutta Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) kanta on, että sopivampaakaan standardia ei tällä hetkellä ole. Näin ollen tätä standardia on sovellettu autoalalle, sekä koulutusta että määräyksiä muokattu yhdessä Autoalan keskusliiton kanssa. Seuraavaksi esitellään yleisiä SFS6002 perustuvia turvallisuusmääritelmiä. (Linja-aho 2012, 62.)

9.1 Koulutus- ja pätevyysvaatimukset

Sähkö- ja hybridautojen sähkötyöt ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta aina luvanvaraisia töitä. Ainoastaan työ, joka on vain pistoliitinkojeen vaihto samanlaiseen uuteen, ei vaadi urakointioikeutta. Tukesille on tehtävä sähkötöitä koskeva toimintailmoitus ennen töiden aloittamista. Tämä ilmoitus on tehtävä vain kerran, ei siis jokaisen työn kohdalla. Ilmoituksessa on nimettävä sähkötöiden johtaja. (Linja-aho 2012, 62.)

9.1.1 Sähköpätevyudet

Sähköpätevyysluokkia on kolme:

- Sähköpätevyys 1 (S1) oikeuttaa kaikkiin sähkötöihin, myös korkeajännitetöihin.

- Sähköpätevyys 2 (S2) oikeuttaa maksimissaan 1000V vaihtojännitteisten ja 1500V tasajännitteisten laitteiden sähkötöiden johtoon.
- Sähköpätevyys 3 (S3) mahdollistaa alle 1000V vaihtojännitteiseen ja enintään 1500V tasajännitteiseen verkkoon liitettäväksi tarkoitettujen laitteiden korjaustyöt.

Pätevyystodistus haetaan Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy:ltä ja hakijalla on oltava riittävä koulutus, työkokemusta ja sähköturvallisuustutkintosuoritus. Sähkötöiden johtajalta vaaditaan S3-pätevyys. Autoalalle voidaan myöntää rajoitettu sähköpätevyys 3, jolloin pätevyys ei päde muissa sähkötöissä. Tämä on todennäköisesti vain väliaikainen ratkaisu, kunnes säädökset pystytään sovitamaan paremmin autoalan tarpeisiin. (Linja-aho 77–79;83.)

9.1.2 SFS 6002 mukainen sähköturvallisuuskoulutus

Kaikkien sähköalan töitä tekevien on käytävä yleinen sähköturvallisuutta koskeva koulutus. Tämä koskee siis työjohto-, käyttö, ja asiantuntijatehtävissä toimivia henkilöitä. Myös esimerkiksi mekaanikkoja puhelinpalvelussa neuvoville asiantuntijoille on annettava sähköturvallisuuskoulutus. Henkilökunta, joka tekee esimerkiksi vain polttimon vaihtoja tai renkaan vaihtoja, ei tarvitse SFS 6002 sähköturvallisuuskoulutusta, mutta heitäkin on opastettava turvalliseen työskentelyyn. Tällaista henkilökuntaa voisi olla esimerkiksi kesätyöntekijät. Tällaisissa tapauksissa on ainakin selvítettävä sähkön vaarallisuus, toimenpiteet tapaturman sattuessa ja laitteita koskevat kiellot sekä sivullisten opastaminen. Suosituksena on kuitenkin, että kaikki hybridi- ja sähköajoneuvojen kanssa toimivat henkilöt saavat sähköturvallisuuskoulutuksen. (Linja-aho 2012, 63–64.)

Koulutuksessa käydään läpi vähintään sähkön aiheuttamat vaarat ja sähköstä johtuvat tapaturmat. Samoin on selvítettävä sähköturvallisuutta koskevien keskeisten säädösten sisältö sekä sähköturvallisuusstandardin sisältö. Koulutuksen sisäistäminen tulee varmistaa kuulustelulla tai kokeella, sekä koulutuksesta on annettava todistus sen suorittamisesta. Sähköturvallisuuskoulutus on uusittava 5 vuoden välein. (Linja-aho 2012, 63.)

9.1.3 Autoalan sähköturvallisuustutkinto

Tutkintokoe suoritetaan tietokoneella ja siihen kuuluu 80 monivalintakysymystä. Tutkinnossa ei saa olla materiaalia mukana. Näin ollen se eroaa suuresti esimerkiksi kiinteistösähköalan sähköturvallisuustutkinnosta, jossa vastaukset pitää etsiä suuresta määrästä standardeja. Seuraavat asiat kuuluvat autoalan sähköturvallisuustutkinnon piiriin:

- Voimassa oleva sähköturvallisuuslaki
- Voimassa oleva sähköturvallisuusasetus
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996
- Tukes-ohje S7-12-Sähkötöitä koskeva toimintailmoitus
- UNECE R 100 eli EU:n virallisessa lehdessä 14.2.2009 (L45/17) 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
- SFS 6002 Sähköturvallisuus
- Yleistä tuntemusta sähkö- ja hybridiajoneuvoista. (Linja-aho 2012, 84–85.)

Tutkintojen järjestämisoikeutta haetaan AKL-Sertifiointi Oy:ltä. Oikeutta voivat hakea muun muassa maahantuojat ja oppilaitokset. Tällä hetkellä seitsemällä koulutuksen järjestäjällä on oikeus S3-pätevyyteen tähtäävään kokeeseen (Riikonen 2012,12-3).

9.1.4 Sähkötöiden johtaja

Sähkötöiden johtaja on oltava jokaisella toiminnanharjoittajalla, joka tekee korkeajännitetöitä. Hänen tehtävänä on pitää huoli, että sähköturvallisuusmääräyksiä noudatetaan. Sähkötöiden johtajan tehtävänä on myös varmistaa, että töitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja heitä on opastettu riittävästi töihin. Hänen tulee myös varmistaa, että sähkölaitteet ovat säännöksissä ja määräyk-

sissä edellytetyssä kunnossa ennen käyttöönottoa. Myös työnaikaisen sähköturvallisuuden tarkkailu on hänen vastuullaan. (Linja-aho 2012, 77.)

Sähkötöiden johtajalla on oltava tosiasiallinen mahdollisuus hoitaa edellä mainittuja tehtäviä. Jos sähkötöiden johtaja on estynyt tekemään työtään, muun kuin lyhyt aikaisen poissa olon vuoksi, on hänen tilalleen nimettävä uusi johtaja kolmen kuukauden sisällä. (Linja-aho 2012, 77.)

Sähkötöiden johtajalla on oltava joko:

- Henkilöautomekaanikon ammattitutkinto (suuntautuminen autosähkö), Automekaanikon erikoisammattitutkinto, Autoalan opisto- tai korkeakoulututkinto
- Vähintään 1 vuoden työkokemus autosähkötöistä
- Hyväksytty suoritus autoalan sähkö- ja hybridiajoneuvokoulutuksesta

Tai:

- Vähintään kahden vuoden työkokemus sähkötöistä
- Hyväksytty suoritus autoalan sähkö- ja hybridiajoneuvokoulutuksesta

Sekä hyväksytty autoalan S3-koe suoritettuna. Hänen on myös haettava S3-pätevyyttä SETI:ltä. (Linja-aho 2012, 62; AEL 2012.)

9.1.5 Työstä vastaava henkilö tai työnaikainen sähkötöiden valvoja

Jokaisessa jännitetyössä on oltava nimetty työstä vastaava henkilö, joka vastaa työn tekemisestä. Työ itsessään voidaan jakaa osiin ja sitä voi olla tekemässä useampi henkilö, mutta yhdellä henkilöllä on aina suoranainen vastuu työstä kokonaisuudessaan. Useamman henkilön työskennellessä samassa työkohteessa, on vastaava henkilö usein määriteltävä kirjallisesti. Hänen on oltava sähköalan ammattihenkilö. Yleensä työstä vastaava henkilö on sähkötöidenjohtaja, mutta vastaava voi olla myös itsenäiseen työskentelyyn kykenevä sähköalan ammattilainen. Tällöin on huolehdittava, että työstä vastaavan henkilön tehtävien määriteltävä kirjallisesti. (AEL 2012; Linja-aho 2012, 65–66.)

9.1.6 Sähköalan ammattihenkilö ja autosähköalan ammattihenkilö

Vain sähköalan ammattihenkilö voi saada Sähkötöiden 3 (S3) luvat. Kuten aiemmin mainittu, ammattihenkilöpätevyys vaaditaan myös työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojana toimimiseen. Henkilö katsotaan riittävän ammattitaitoiseksi, jos hän on:

- Suorittanut soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöistä, tai
- Suorittanut soveltuvan sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöistä, tai
- Suorittanut soveltuvan ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen, tai
- Suorittanut soveltuvan ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vuoden työkokemuksen sähkötöissä, tai
- Hankkinut kuuden vuoden työkokemuksen sähkötöissä ja riittävän alan perustiedot. (Linja-aho 2012, 80-81; AEL 2012.)

Autosähköalan ammattihenkilöltä vaaditaan soveltuva tutkinto sekä 1 vuoden työkokemus tai riittävät perustiedot alasta ja 2 vuoden työkokemus, jotta hänet voidaan laskea autosähköalan ammattilaiseksi. Oppisisältö eroaa jonkin verran sähköalan ammattihenkilön vaatimuksista, sillä autotöissä ei tarvita esimerkiksi kiinteistö sähköalan tuntemusta. Toisaalta esimerkiksi suurjänniteakkujen tuntemus ei ole tarpeen kiinteistöalalla. Soveltuvaksi tutkinnoksi autosähköalan ammattihenkilölle on hyväksytty:

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

Tutkintoa on täydennettävä toisella tai molemmilla seuraavista:

- Autoalan sähköpätevyytutkintoon valmentava koulutus
- Autoalan sähköturvallisuustutkinto. (Linja-aho 2012, 82-84.)

Mikäli henkilöllä ei ole alan tutkintoa, vaaditaan työkokemusta 2 vuotta ja lisäksi riittävät alan perustiedot. Riittäväksi perustiedoksi lasketaan autoalan sähköpätevyytutkintoon valmentava koulutus ja autoalan sähköturvallisuustutkinto. Sähkötöiden johtaja vastaa, että korjaustyötä tekevällä henkilöllä on ammattipätevyys töihin. Ammattipätevyyttä ei tarvitse erikseen hakea. Nämäkään säännökset eivät ole täysin ehdottomia. Päteväksi voidaan laskea myös henkilö, jolla on usean vuoden kokemus sähkötöistä ja voidaan olla varmoja, että hän tuntee sähköturvallisuus- ja työsuojeluvaatimukset. Tässä tapauksessa on kuitenkin pystyttävä todentamaan henkilön pätevyys esimerkiksi vahinkotapauksessa vakuutusyhtiölle tai tuomioistuimelle. On siis suositeltavaa, että henkilöllä on todistus jostain edellä mainituista tutkinnoista. (Linja-aho 2012, 82-84; AEL 2012.)

9.1.7 Opastettu henkilö ja maallikko

Sähkötöitä tekevät voidaan jakaa neljään eri ryhmään:

- Ammattihenkilöt
- Opastettu henkilö, jolla on jonkinasteista koulutusta sähköalasta tai kokemusta
- Opastettu henkilö, jolla ei ole sähköalan koulutusta eikä kokemusta
- Maallikko

Ammattihenkilöiden pätevyysvaatimuksista on kerrottu aiemmin. Opastettu henkilö, jolla on jonkinlaista sähköalan koulutusta ja on hankkimassa sähköalan ammattihenkilön pätevyyttä, saa tehdä työnantajan harkinnan mukaan töitä, jotka ovat sallittu opastetulle henkilölle. Opastettu henkilö, jolla ei ole aiempaa koulutusta tai kokemusta sähkötöistä saa tehdä ainoastaan niitä töitä, mihin hänet on opastettu erikseen. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi sähkötyöt, jossa on osittain kosketussuojatut jännitteiset osat, eikä jännitteisiä osia voi tahattomasti koskea. Esimerkkinä voi mainita releen palauttamisen. Määritelmä on tässä kohtaa hieman häilyvä ja suuren vastuun kantaa sähkötöiden johtaja.

Hänen on osattava arvioida, minkälaisia tehtäviä jo koulutusta saaneelle opastetulle henkilölle voidaan antaa. Sähkötöiden johtajan on aina varmistuttava, että työntekijä on riittävän hyvin opastettu ja heillä on riittävä ammattitaito työhön. (SFS6002 12–13; 43; Linja-aho 2012, 62–63; AEL 2012.)

Maallikko on henkilö, jolla ei ole minkäänlaista koulutusta eikä kokemusta eikä häntä ole opastettu mihinkään tehtävään erikseen. Maallikko saa tehdä töitä vain komponenttien kanssa, joissa on vähintään IP2X tai IPXXB kosketussuojaus. Maallikot saavat tehdä mittauksia vain ammattihenkilön valvoessa ja ohjaamana. (Linja-aho 2012, 63; AEL 2012.)

10 SÄHKÖTYÖT JA -TURVALLISUUS

Tässä kappaleessa esitellään sähkötyitä yleisesti. Tarkoituksena on antaa perustietoa sähkötyistä, ei kaiken kattavaa neuvontaa, miten sähkötyöt pitäisi tehdä. Tärkeintä sähkötyissä on ymmärtää, että aina sähkötyiden kanssa on olemassa vaara ja varovaisuutta on noudatettava. Hyvinkin pieni virta kehon läpi voi olla hengenvaarallinen.

10.1 Jännitelajien määrittely

Jännitteiden lajit määritellään seuraavasti:

- Pienoisjännite (Extra-low voltage, ELV) on jännite, joka ei normaalisti ylitä 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä
- Pienjännite (Low voltage, LV) on jännite, joka ei normaalisti ylitä 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V vaihtojännitettä
- Suurjännite (High voltage, HV) on jännite, joka normaalisti ylittää 1000 V vaihtojännitteen tai 1500 V tasajännitteen

Perinteisesti autosähkössä on puhuttu siis pienoisjännitteestä järjestelmän ollessa jännitteeltään 12 V tasajännitettä (SFS 6002, 12). Normaalisissa talosähkössä puhutaan pienjännitteestä eli 230 V vaihtojännitettä, kuten myös sähköautojen korkeajännitepuolella, sillä akkujen jännite ei ylitä 1500 V tasajännitettä.

10.2 Sähkötyöt

Pääsääntö sähkötyissä on, että kaikki työt pyritään tekemään aina jännitteettömänä. Kuitenkin joskus on tilanteita, jolloin korjaustyöissä joudutaan tekemisiin korkeajännitteisten komponenttien kanssa tai toimitaan niiden välittömässä läheisyydessä. Tällaisia tilanteita autokorjaamossa on esimerkiksi akun korjaustyöt ja kolarikorjaukset. Akkua ei pysty tekemään jännitteettömäksi, sillä tyhjäsäkin akussa on aina jännite. (Linja-aho 2012, 68–69.)

10.2.1 Työskentelyn aloitus ja jännitteettömäksi tekeminen

Sähkötyöt voidaan jakaa kolmeen eri tasoon: jännitteetön työ, jännitetyö ja työ jännitteisten osien läheisyydessä. Aina on pyrittävä työskentelemään jännitteettömänä, jos se on vain mahdollista (SFS 6002, 19). Jännitetyö on sallittu ainoastaan, jos työskentely ei ole muuten mahdollista tai jännitteettömyys aiheuttaa suurta haittaa (AEL 2012).

Ennen työn aloitusta on tarkistettava pystytäänkö työ tekemään jännitteettömänä. Jännitteettömyys ja se, että työkohte pysyy jännitteettömänä, on varmistettava. Viisi tärkeintä toimenpidettä ovat tärkeysjärjestyksessä:

- Täydellinen erottaminen
- Jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- työmaadoittaminen
- suojaus lähellä olevilta jännitteellisiltä osilta. (SFS 6002, 19.)

Täydellinen erottaminen tarkoittaa kaikkien mahdollisten sähkönsyöttöjen estäminen työskentelykohteeseen. Autokäytössä tämä tarkoittaa latauspistokkeen irrottamista ja korkeajänniteakuston erottamista poistamalla huoltoerotin. (Linja-aho 2012, 67–68.)

Huoltoerottimen poistolla varmistetaan myös jännitteen kytkemisen estäminen. Erittäin tärkeää on kuitenkin ymmärtää, ettei huoltoerotin tee akkua tai erottimen ja akun välistä osaa jännitteettömäksi. Huoltoerottimen irrotus ei myöskään tee superkondensaattoria jännitteettömäksi, sillä niiden jännitteettömäksi tuleminen vie yleensä noin 5-10 minuuttia. Huoltoerotinta on säilytettävä lukitussa tilassa tai jos ajoneuvossa on erotinkytkin, on se lukittava munalukolla. Vain erottimen irrottajalla on mahdollisuus kytkeä se takaisin. Erotuskohtaan on asennettava kieltokyltti, jossa on luettava kyltinasettaja ja asettamispäivämäärä. Näin ilmaistaan muille mahdollisesti samassa työpisteessä työskenteleville, ettei jännitettä saa kytkeä. (Linja-aho 2012, 67–68; 29.)

Viimeiseksi on jännitteettömyys todettava kaksinapaisella jännitteenkoettimella tai yleismittarilla. Yleismittarin virhekäyttö saattaa aiheuttaa oikosulun akustossa ja täten hengenvaarallisen tilanteen. Tästä syystä suositellaan aina kaksinapaista jännitteenkoetinta. Jos kuitenkin käyttää yleismittaria, on oltava erityisen huolellinen mittaussuunnitelmasta. (Linja-aho 2012, 67–68; 29.)

Jännitteisten osien läheisyydessä työskenneltäessä on varmistuttava, ettei jännitteisiin osiin voi koskea eikä jännitetyöalueelle voi joutua töitä tehdessä. Molemmat kädet on oltava vapaina ja työskentelypaikan on oltava vakaa. Töistä vastaavan on opastettava, kuinka kaukana jännitteisistä osista on työskenneltävä ja miten etäisyys säilytetään. Jännitteiset ja jännitteettömät osat on merkittävä erikseen. Työturvallisuuden vuoksi jännitteelliset osat voidaan suojata koteilla, esteillä tai muilla vastaavilla eristeillä. Mikäli suojausta ei pystytä toteuttamaan, on riittävä työskentelyetäisyys pidettävä. Vain ammattihenkilöt ja opastetut henkilöt voivat työskennellä jännitteisten osien läheisyydessä, maallikoita on valvottava. (AEL 2012; SFS 6002, 27–28.)

10.2.2 Jännitetyö

Jännitetyössä työntekijä tarkoituksella koskettaa jännitteistä osaa tai työskentelee jännitetyöalueella. Työaseman on oltava vakaa ja molemmat kädet ovat vapaana työskentelyyn. Riittävästä suojarustuksesta on huolehdittava. Varusteiden pitää olla ehjiä ja oikean kokoisia. Kaikki metalliesineet, kuten esimerkiksi korut ja sormukset, on otettava pois. (SFS 6002, 24.)

Jännitetyössä on kolme eri työmenetelmää, jotka riippuvat työetäisyydestä ja menetelmistä. Nämä kolme menetelmää ovat:

- Sauvamenetelmä
- Eristävien käsineiden käytön menetelmä
- Jännitetyö kohteen potentiaalissa

Sauvamenetelmässä työntekijä pysyy määrätyllä etäisyydellä osista, jotka ovat jännitteisiä. Itse työ toteutetaan eristettyjen suojojen avulla. Tällöin tekijä ei vält-

tämättä jännitetyöalueella, mutta työkohde on. Eristävien käsineiden käytön menetelmän töissä jännitteisiin osiin on suora mekaaninen kosketus. Nimensä mukaan on tietenkin käytettävä eristäviä käsineitä ja hihoja sekä eristäviä työkaluja (SFS 6002, 25). Jännitetyökäsineillä ei silti ole tarkoitus koskettaa suoraan jännitteiseen osaan (AEL 2012). Kun kyse on jännitetyöstä kohteen potentiaalissa, henkilö siirretään eristävien välinein kohteen potentiaaliin. Tällöin hän on sähköisessä yhteydessä jännitteisiin osiin eristettynä ympäristöstä. (SFS 6002, 25.)

10.2.3 Jännitetyön koulutusvaatimukset

Jännitetyötä saa tehdä ainoastaan ammattihenkilö, jolla on erikoiskoulutus jännitetyöhön. Erikoiskoulutuksen on sisällettävä jännitetyön erikoisvaatimusten opettaminen ja siinä on oltava sekä teoreettista että käytännön harjoittelua. Sisällön on vastattava niitä tehtäviä, mitä ammattihenkilö tulee tekemään. Hyväksytystä kurssista tulee saada todistus ja siinä on mainittava koulutuksen sisältö ja taso. (SFS6002, 24–25.)

10.2.4 Työalue, jännitetyöalue ja lähityöalue

Työalue on merkittävä selkeästi. Riittävä työskentelytila on taattava. Kulkureittien tulee olla vapaita sekä alueen tulee olla hyvin valaistu (SFS 6002, 14). Sähkötilassa ei saa olla palavia materiaaleja eikä liikkumista estäviä esineitä. Muut vaaratekijät on myös otettava huomioon kuten mekaaniset vaarat ja putoamisesta aiheutuvat vaarat (AEL 2012). Siisteydestä on luonnollisesti pidettävä huolta, ettei esimerkiksi lattialla lojuvista työkaluista aiheudu vaaratilanteita. Jännitetyöalue ja lähityöalue näkyvät liitteessä¹. Taulukossa 1 näkyvät työskentelyetäisyydet riippuen nimellisjännitteestä.

Taulukko Y.1 Suomessa noudatettavat jännitetyöalueen ulkorajan mitat

Nimellisjännite U_N kV	Jännitetyöalueen ulkorajan mitta ¹⁾ D_{L1} m	Jännitetyöalueen ulkorajan mitta ilmajohdoilla ²⁾ D_{L2} m
≤ 1	0,2 (0,05)	0,5
3	0,22	1,5 (1,0)
6	0,25	1,5 (1,0)
10	0,35	1,5 (1,0)
20	0,4	1,5 (1,0)
30	0,56	1,5 (1,0)
45	0,63	1,5 (1,0)
110	1,0	1,5 (1,2)
220	1,6	2,0
400	2,5	3,5

¹⁾ Jännitetyöalueen ulkorajan mitan pienentäminen pienjännitteellä, ks. edellä oleva teksti

²⁾ Ilmajohdoilla suluissa oleva arvo tarkoittaa etäisyyttä suoraan jännitteisen osan alapuolella.

Taulukko 1. Jännitetyöalueen mitat (SFS 6002, 46).

Pienjännitetöissä perusmitta on 20 cm ja sitä on noudatettava, kun kohteissa on laajoja paljaita jännitteisiä osia. Mikäli jännitteinen osa on suojattu horjahtamiselta johtuvasta kosketuksesta ja se on kotelon sisällä tai kooltaan hyvin pieni, voidaan harkinnan mukaan etäisyytenä pitää 5–20 cm. Mikäli kaikki jännitteiset osat ovat suojattu IP2X:n mukaisesti, etäisyys voi olla 0 cm. (AEL 2012.)

10.2.5 Työkalut ja varusteet

Työkalujen sekä varusteiden tulee olla eurooppalaisten, kansallisten tai kansainvälisten standardien vaatimusten mukaisia (SFS 6002, 14–15). Tällaisia standardeja ovat SFS-EN 60900 ja SFS-EN 60903 (SFS6002, 51). Varusteita tulee käyttää valmistajan ohjeiden mukaisesti. Käyttöohjeiden tulee olla maassa käytettävillä kielillä. Työkalut ja varusteet tulee pitää käyttökunnossa ja niitä on käytettävä oikein. Varusteet on tarkastettava silmämääräisesti ja mikäli tarpeellista, on laitteet testattava niiden mekaanisten ominaisuuksien tarkastamiseksi

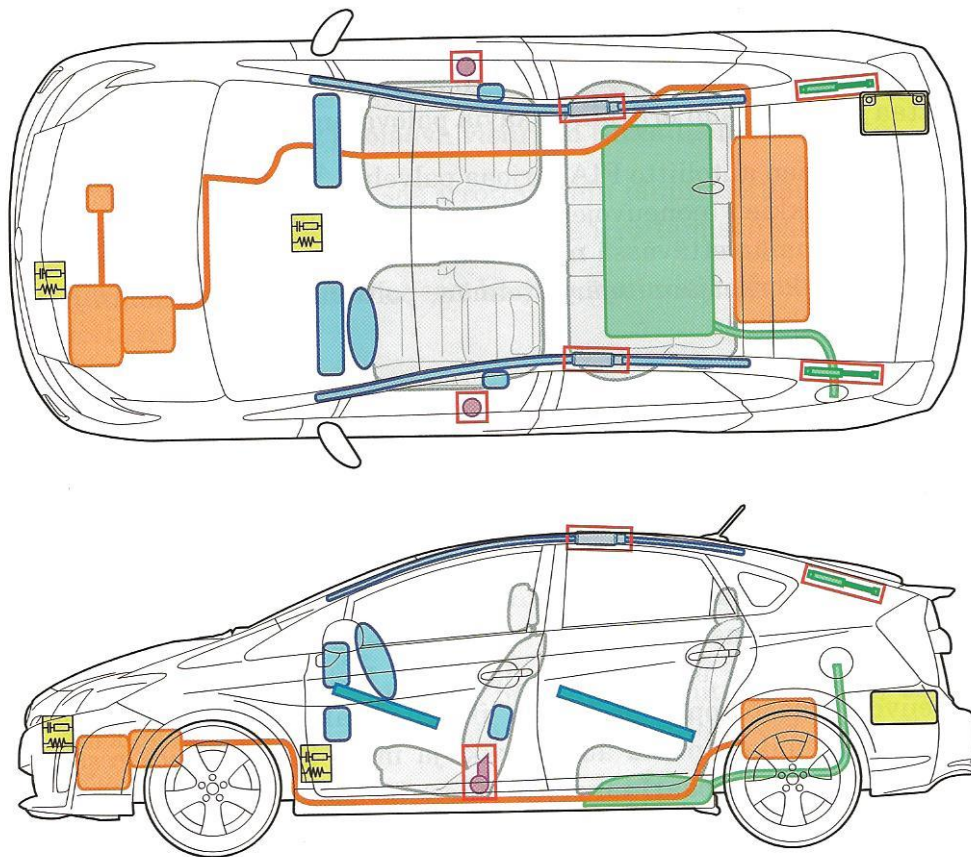
(SFS 6002, 14–15). Erilaisten suojaimien tarve riippuu työtehtävästä. Niiden käyttö tulee määritellä jännitetyöohjeessa, jotka ovat työmenetelmäkohtaisia. Kaikissa pienjännitetöissä, joissa voidaan joutua kosketuksiin jännitteisten osien kanssa, suositellaan käytettäväksi jännitetyövälineitä. (SFS6002, 51.)

10.2.6 Kilvet

Työn aikaisista vaaroista on varoitettava varoituskilvillä. Kilpien tulee olla eurooppalaisten standardien mukaisia (SFS 6002, 16). Kilpiä on käytettävä, mikäli se vähentää vaaraa tai erehtymisen mahdollisuutta. Mikäli käynnissä on työ, mikä voi aiheuttaa vaaraa, on siitä ilmoitettava kyltillä. Vaarallisista sähkölaitteiston osista on myös varoitettava (AEL 2012). Liitteessä 2 on esillä varoituskylttejä, joita käytetään sähkötöissä.

10.2.7 Kolaritapauksissa huomioitavaa

Hybridi- ja sähköautot voivat olla haasteellisia pelastushenkilökunnalle korkeajännitejohtojen ja komponenttien vuoksi. Korja ei voida leikata mistä kohtaa tahansa, jottei osuttaisi vaarallisiin osiin. Tämän vuoksi autossa tulisi olla pelastuskortti, mistä näkee auton vaarallisten osien sijainnin. Pelastuskortti voi mahdollisesti tulla pakolliseksi autoihin. Merkeillä on myös omia ohjeita autojen turvalliseen purkamiseen, joita yleensä löytyy Internetistä. (Linja-aho 2012, 71–72.)



Kuva 10. Esimerkki Toyota Priuksen (XW30, 2009-) pelastuskortista (Linja-aho 2012, 72).

Kolarin jälkeen auto tulisi tehdä jännitteettömäksi. Autoa tulisi säilyttää erillään muista autoista, sillä vahingoittunut akku saattaa syttyä itsestään tuleen. Kolaritilanteessa tulee aina noudattaa valmistajan ohjeita. Näin vältetään yllättäviä vaaratilanteita. Esimerkiksi juuri auton säilytystä koskevien sääntöjen noudattamattomuus saattaa aiheuttaa suuremman tulipalon. (AEL 2012.)

11 SÄHKÖN VAARAT JA ENSIAPUKOULUTUS

Sähköiskuun kuolee Suomessa vuosittain joitakin ihmisiä. Luku on tullut selvästi alaspäin viimeisinä vuosikymmeninä. Ammattihenkilöitä kuolee nykyisin erittäin harvoin. Vuonna 2005 kuoli yksi maallikko ja yhteensä tapahtui 55 onnettomuutta. Verrattuna esimerkiksi vuoteen 1973 jolloin tapahtui yli 20 kuolemaan johtanutta onnettomuutta, luku on huomattavasti pienempi. Suurin osa kuolettavista onnettomuuksista on sattunut maallikoille. (Tukes 2006.)

11.1 Vaarallisen sähkövirran ja jännitteen määrittely

Vaarallisen virran tai jännitteen määrää ei ole aina helppo määritellä. Jo hyvin pieni sähköisku voi aiheuttaa pelästymisen, mikä voi olla vaarallista joissain tilanteissa (Linja-aho 2012, 59). Tästä syystä sähkötöissä suositellaan aina käytettäväksi eristäviä suoja-asusteita.

Myöskään pelkästään suuri jännite ei tee sähköstä vielä vaarallista. Esimerkiksi hankaussähköstä aiheutuva sähköisku saattaa olla kymmeniä tuhansia voltteja, mutta isku ei ole vaarallinen sen pienen energiamäärän vuoksi. Tärkeimmät tekijät sähköiskun vaarallisuudessa ovat sähkövirran suuruus ja sen kestoaika. Virran suuruus tulee kosketusjännitteestä ja ihmiskehon impedanssista. (Linja-aho 2012, 58.)

Vaihtovirtaa voidaan pitää yleensä vaarallisempana kuin tasavirtaa. Vaihtovirrasta saadussa sähköiskusta on helpompi joutua kammiovärinä tai sydän saattaa pysähtyä. Sydämelle haitallisinta on alle 100 hertsin vaihtojännite. Voidaan sanoa, että yli 30 milliampeerin vaihtovirta voi olla jo hengenvaarallinen. Tästä syystä vikavirtasuojaus on asetettu 30 milliampeeriin. Pienemmillä virroilla saattaa tulla vakavia vammoja muun muassa sisäelimiin ja lihaksiin. Lihaskouristuksista johtuen, vaihtovirrasta voi olla vaikeaa irrottautua. (Linja-aho 2012, 58.)

Tasavirralla sähkövammat ovat erityyppisiä. Jännitteisistä osista on helpompi irrottautua. Tasavirta voi kuitenkin aiheuttaa peruuttamattomia kemiallisia reaktioita kehossa. Tasavirtavalokaari on myös vaikeampi saada sammumaan. (Linja-aho 2012, 59.)

11.2 Valokaari

Valokaari syntyy, kun ilmavälin jännitekestoisuus ylitetään. Yleisimmin valokaari aiheutuu asennus- tai käyttövirheestä. Huonot liitokset sekä mekaaniset viat saattavat myös aiheuttaa valokaaren. Valokaarella syntyy korkea lämpötila, jopa 20 000 °C. Tällainen lämpötila sulattaa hetkessä metallinkin, mistä saattaa myös aiheutua vahinkoa. Valokaari saattaa myös aiheuttaa lämpösäteilyä tai vaarallisten kaasujen muodostumista. (AEL 2012.)

Ihmisen keho saattaa aiheuttaa valokaaren. Suurjännitteisten johtojen läheisyydessä ei tarvita edes kosketusta johtimeen. Vaarana on myös, että tällaisissa tilanteissa suojalaitteet eivät tunnista vikaa. Tällöin johdin pysyy jännitteellisenä, kun suojalaite ei kytke sitä pois päältä. (AEL 2012.)

11.3 Ensiapukoulutus

Kaikilla sähkötöihin osallistuvilla on tarpeen antaa ensiapukoulutus. Tämä tarkoittaa sähköalan ammattihenkilöitä, työnjohdossa ja käytönjohdossa toimivia henkilöitä. Myös töissä avustamaan opastetuilla henkilöillä tulisi olla ensiapukoulutus. Tällaisia ensiapukoulutuksia voi olla esimerkiksi:

- Suomen Punaisen Ristin hätäensiapukoulutus, sähkötapaturmien ensiapu
- Ensiavun peruskurssi EA1
- Muu ensiapukoulutus, joka käsittää palovammoihin sekä ruhje- ja viiltohaavoihin annettavan ensiavun. On sisällettävä myös puhallus- ja painantaelvytyksen opettaminen. (Linja-aho 2012, 64–65.)

Ensiapuvalmiutta on ylläpidettävä vähintään kolmen vuoden välein. Ensiapuohjeita antavia tauluja on oltava sähkölaitekorjaamossa esillä. Taulujen tehtävä on ylläpitää ensiapu- ja elvytystaitoja. (Linja-aho 2012, 65.)

11.4 Yleisiä ohjeita sähköturman ensiapuun

Tärkeintä sähkötapaturman sattuessa on toimia ripeästi, mutta maltilla. Aina on muistettava, että vaarana on joutua itse sähkövirralle alttiiksi. Sähköiskun saaneeseen henkilöön ei saa koskea suoraan. Uhri on ensimmäiseksi irrotettava virtalähteestä esimerkiksi irrottamalla pistotulppa tai katkaisemalla pääkatkaisin. Mikäli tämä ei ole mahdollista, on käytettävä jotakin eristävää apuvälinettä ja irrotettava uhri sen avulla. Eristämiseen ei saa käyttää märkää tai metallista esinettä. Suurjänniteonnettomuuksissa pelastustoimia ei voi aloittaa ennen kuin sähköalan ammattilainen on katkaissut virran. (AEL 2012.)

Kun uhri on saatu erotetuksi virtalähteestä, tulee hänen tilansa tutkia. Tämä tarkoittaa tajunnantilan tarkastamista sekä hengityksen ja sydämen toiminnan varmistusta. Mikäli uhri ei hengitä, on aloitettava elvytys. Uhri on aina toimitettava hoitoon, vaikka hän aluksi näyttäisi olevankin hyvässä kunnossa. Sähkövammat saattavat joskus olla piileviä ja tulevat ilmi myöhemmin. (Terveysportti 2012.) Liitteessä 3 on Tukesin sivuilla esitetty ensiapuohje, joka tulisi olla jokaisessa sähkötöitä tekevässä korjaamossa esillä.

12 YHTEENVETO

Työn tavoite oli selvittää hybridi- ja sähköautojen yleistymisen vaikutuksia korjaamotoimintaan. Lisäksi esitellä hybridi- ja sähköautojen tekniikkaa ja tehdä tunnetuksi niihin liittyviä termejä. Halusin tehdä kattavan yleiskatsauksen näiden autojen tekniikasta ja toiminnasta.

Tulevaisuudessa hybridi- ja sähköautot tulevat yleistymään. Tähän vaikuttaa erityisesti kallistuvat polttoaineet sekä hiilidioksidipäästöihin perustuva verotus. Ihmisten halu ekologisempaan elämäntapaan vaikuttaa myös. Samoin yleinen huoli ympäristömuutoksesta muokkaa tulevaisuudessa valintojamme yhä vahvemmin.

Hybridien pieni polttoainekulutus johtuu pääasiallisesti kahdesta seikasta. Toinen on regeneratiivinen jarrutus, jolla osa jarrutusenergiasta saadaan käytettyä uudelleen hyödyksi. Toinen vaikuttava seikka on polttomoottorin kuormituksen rajaaminen taloudelliselle kuormitus- ja kierroslukualueelle. Täyssähköajoneuvoissa ja täyshybrideissä sähköllä ajaminen luonnollisesti pienentää polttoaineen kulutusta tai polttoainetta ei kulu ollenkaan. Tällä hetkellä yksi suurimmista haasteista on kehittää hybridi- ja sähköautojen akustoja sellaiselle tasolle, että pitkän matkan ajaminen olisi mahdollista.

Autokorjaamolla, joka tekee korkeajännitetöitä, on oltava sähkötöiden johtaja. Hänen tehtävänsä on varmistua töiden turvallisesta suorittamisesta, ja että töitä tekevät riittävästi koulutetut ja opastetut henkilöt. Hän on myös pääasiallisesti vastuussa tehdyistä korkeajännitetöistä. Sähkötöiden johtajalla on oltava autoalan S3-pätevyys.

Sähkötöitä tehdessä on aina muistettava sähkön vaarat. Jo 30 mA virta kehon lävitse voi olla hengenvaarallinen. Korkeajännitetöissä on myös muistettava valokaaren mahdollisuus. Kaikilla sähkötöihin osallistuvilla tulisi olla ensiapukoulutus sähkötapaturmien varalle. Korjaamoissa, joissa tehdään korkeajännitetöitä, tulee olla ensiapuohje esillä korjaamotilassa.

13 POHDINTA

Tiesin aihetta valittaessa, että se ei aineiston kannalta välttämättä ole helpoin aihe. Vuoden 2012 alussa, kun sain toimeksiannon Keskusautohallilta, ei ollut vielä varmuutta miten ja milloin sähkötyöturvallisuusmääräykset tulevat voimaan. Päätin kuitenkin valita aiheen, koska halusin tietää enemmän sähkö- ja hybridautoista. Päätökseeni vaikutti myös aiheen ajankohtaisuus, sillä useat merkit yrittävät läpimurtoa tällä markkina-alueella.

Kuten arvelin, lähteiden hankinta oli hieman haastavaa, sillä suomenkielisiä lähteitä ei ollut kovin paljon. Lähteiden vertailuun ei ollut kovin paljoa mahdollisuutta, sillä useat lähteet perustuivat samoihin lähteisiin, joihin yritin niitä verrata. Mielestäni kuitenkin sain varsin hyvän pohjan työlle.

Itse työstä tuli suunnitellun kaltainen. Kaikki aiotut aihepiirit käsiteltiin ja yritin keskittyä tärkeimpiin seikkoihin. Mainitsin myös työssä, että tarkoitus ei ollut tehdä kokonaisvaltaista koulutusmateriaalia aiheesta, vaan peruskatsaus. Mikäli lukijaa kiinnostaa aihe, lähteet toimivat syvempinä tiedonlähteinä.

Uskon opinnäytetyön auttaneen hahmottamaan paremmin miten sähkö- ja hybridautojen tulo vaikuttaa autoalaan. Turvallisuusseikat nousevat entistä suurempaan rooliin ja merkkikorjaamoilta vaaditaan lisäinvestointeja. Myös asiakkaan tiedottaminen tulee tärkeään rooliin esimerkiksi onnettomuustilanteessa. Henkilökohtaisesti tunnen saaneeni hyvät perustiedot aiheesta ja tiedän pystyväni avustamaan paremmin aiheeseen liittyvissä asioissa.

LÄHTEET

- AEL. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvokoulutusmateriaali.
- ATZ/MTB. 2003. Automobiltechnische zeitschrift und motortechnische zeitschrift, Sanderausgabe: Der neue Golf, Oktober 2003. Wiesbaden: Springer automotive media.
- Hietalahti, L. 2011. Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonetyöhön. AMK-Kustannus Oy.
- Honkanen, V. 2011. Tekniikan maailma: Amerikkalaissuomalainen, 15/2011. Helsinki: Otava.
- Hyundai 2012. Ensimmäinen vetyauton sarjavalmistaja. Viitattu 26.12.2012
http://www.hyundai.fi/ajankohtaista.asp?tiedosto=YWluZWlzdG90LzUzL2h5dW5kYWlfZW5zaW1tYWluZW5fbm9sbGFwYWFzdG9pc2VuX3ZldHlhdXRvbl9zYXJqYXZhbG1pc3RhamEuaHRt&t yyp-pi=SK&jul_id=56674&ain_id=&suoj=&jul_nimi=Hyundai+ensimm%E4inen+nollap%E4%E4st%F6isen+vetyauton+sarjavalmistaja
- Ikonen, M. 2008. Poltto- ja voiteluainetekniikka: opintomateriaali. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Ikonen, M. 2011. Moottoritekniikka: Opintomateriaali. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Ikonen, M. 2012. Why are We Searching for Alternatives – The Greenhouse Effect and How to Tackle It, New fuels and drivesystems opintomateriaali. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Juhala, M.; Lehtinen, A.; Suominen, M. & Tammi, K. 2005. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- Kaarlampi, E. 2012. Sähköautojen latausjärjestelmät – mitä niissä pitää huomioida, AEL kurssimateriaali. Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- Keskusautohalli. 2013. Yrityksemme. Viitattu 17.1.2013
<http://www.keskusautohalli.fi/yrityksemme/>.
- Lindqvist, J-P. 2012. Sähkötekniikka autossa opintomateriaali Akku. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Linja-aho, V. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Saarijärvi: Autoalan koulutuskeskus Oy.
- Malmari, F. 2012. AEL Autotekniikan ja elektroniikan päivä, . Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy.
- Man. 2011. Making efficiency visible. Viitattu 20.12.2012
<http://www.cb.blog.mantruckandbus.com/home/page/4/?lang=en>
- Martansaari, T. 2010. Toyota Prius hybrid synergy drive. Toyota ammattioppilaitos.
- Nissan. 2013. Electric vehicles Nissan Leaf. Viitattu 19.1.2013
<http://www.nissan.fi/FI/fi/vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf.html#vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf/charging-and-autonomy/real-life-situation>
- Renault-ze 2013a. Esittely. Viitattu 17.1.2013 <http://www.renault-ze.com/fi/#/fi/introduction.html>

Renault-ze 2013b. Commitments. Viitattu 17.1.2013 <http://www.renault-ze.com/fi/#/fi/commitments/commitments-renault-eco2.html>

Riikonen, P. 2012. Suomenautolehti: Neljä pätevyysastetta, autoalalle räätälöidyt määräykset. Suomen autolehti 7/2012.

Robert Bosch GmbH. 2002. Autoteknillinen käsikirja 6. painos. Jyväskylä: Gummerrus.

SFS 6002. 2005. Sähköturvallisuusstandardi. Suomen standardisoimisliitto SFS.

Teknologioteollisuus 2012. Polttokennoteknologia. Viitattu 26.12.2012
<http://www.teknologioteollisuus.fi/fi/ryhmat-ja-yhdistykset/polttokennoteknologia.html>

Terveysportti. Tietoa potilaalle: Sähkön aiheuttamat vammat. Viitattu 17.9.2012
http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=dlk00334&p_haku=sahkovammat

Toyota ammattioppilaitos. 2004. Toyota hybrid synergy drive.

Toyota. 2013. New cars, Prius. Viitattu 11.2.2013
http://www.toyota.fi/cars/new_cars/prius/index.tmex

Trafi 2012a. Liikenteen ympäristövaikutukset. Viitattu 18.11.2012
http://www.trafi.fi/ymparisto/liikenteen_ymparistovaikutukset

Trafi 2012b. Liikenteen verotus ja taloudellinen ohjaus. Viitattu 18.11.2012
http://www.trafi.fi/ymparisto/liikenteen_verotus_ja_taloudellinen_ohjaus

Tukes. Toimialan onnettomuudet 2005. Viitattu 14.1.2013
http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/3_2006.pdf.

Tukes. Sähkötaturmien ensiapu. Viitattu 21.1.2013 <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Sahkotaturmien-ensiapu/>

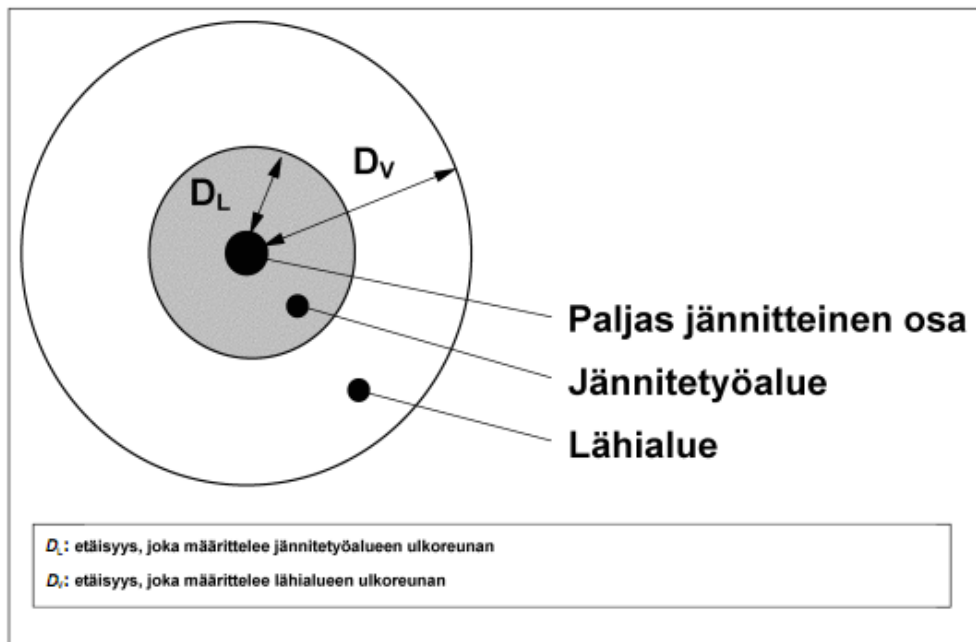
Veronmaksajat 2012a. Autovero. Viitattu 18.11.2012
<http://www.veronmaksajat.fi/omatveroasiat/autot/autovero>

Veronmaksajat 2012b. Autot. Viitattu 18.11.2012
<http://www.veronmaksajat.fi/omatveroasiat/autot/>

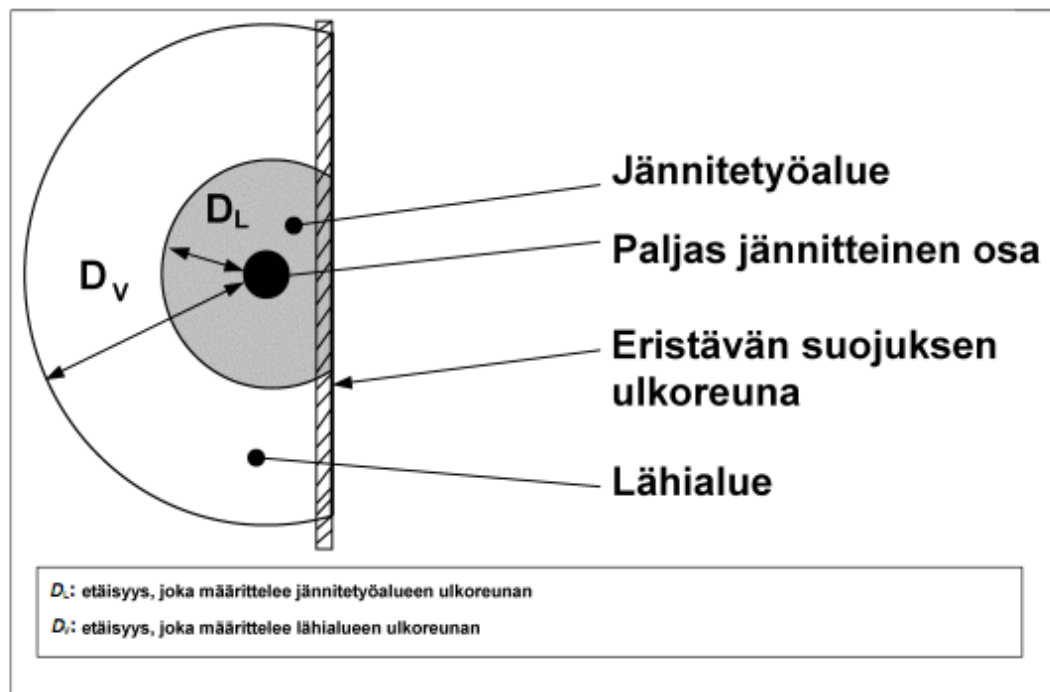
Volvocars 2013a. V60 plug-in hybrid. Viitattu 17.1.2013
<http://www.volvocars.com/fi/campaigns/hybrid/Pages/v60-plugin-hybrid.aspx>

Volvocars 2013b. Hinnastot. Viitattu 19.1.2013
<http://www.volvocars.com/fi/top/about/contactus/Pages/Prices.aspx>

Liite 1. Jännitetyöalue (SFS 6002, 32–33)



Kuva 1 Työskentelymenettelyihin liittyvät alueet ja etäisyydet



Kuva 2 Jännitetyöalueen ja lähialueen rajoitus käyttämällä eristävää suojusta

Liite 2. Esimerkkejä kielto- ja varoitusmerkeistä (SFS 6002, 40–41)



Kuva V.1 Yleinen vaarallisesta jännitteestä varoittava kilpi (kolmiomainen varoituskilpi)



Kuva V.2 Asiattomilta pääsyn kieltävä kilpi (pyöreä kieltokilpi)



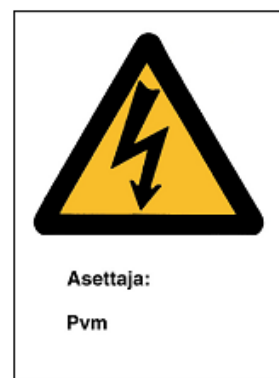
Kuva V.3 Ei saa koskea kieltokilpi (pyöreä kieltokilpi)



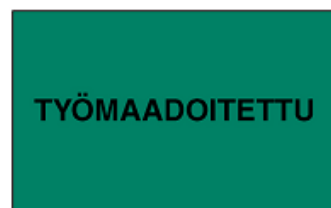
Kuva V.4 Varoituskilpiä, joissa on kilven ja tekstin yhdistelmä: Hengenvaara-tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esim. pylväissä, sähköalueen aidoissa ja sellaisten tilojen ovissa, joissa on kosketussuojamattomia osia. Jännitteinen tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esim. käyttöön otetuissa keskuksissa, joissa on vaarallinen jännite.



Kuva V.5 Kahden kilven tai kilven ja tekstin yhdistelmä, joita voidaan käyttää esim. sähkötilojen ja sähkökorjaamoiden ovissa.



Kuva V.6 Kaksipuolinen kilpi, jota voidaan käyttää varoittamaan käynnissä olevasta työstä



Kuva V.7 Työmaadoitukseen liittyvä kilpi, jolla ilmoitetaan työmaadoituskohta

Liite 3. 3 ST-KORTISSA ESITETYT ENSIAPUOHJEET (Tukes 2012)

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.
 - Suurjännitetapaturmissa, 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 liikkuuko 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 rytmiä 30 painelua, 2 puhallusta, kunnes vastuu siirtyy ammattihenkilölle, hengitys palautuu tai et enää jaksa elvyttää.

ELVYTYKSEN TOIMENPITEET ONNISTUVAT, JOS NIITÄ ON HARJOITELTU ASIAANTUNTEVASSA OPASTUKSESSA.

Sokin ensiapu

Sokkivaikutus ilmenee sähkötapaturmassa, jossa virran voimakkuus ylittää 50 mA, mutta kesto-aika on lyhyempi kuin sydänjakso. Sokin oireet kehittyvät nopeasti:

- huimaus
- jano
- nopea ja pienenä tuntuva syke
- kalpea ja kylmänhikinen iho.

Ilman ensiapua sokki kehittyy vaikeammaksi ja saattaa johtaa jopa tajuttomuuteen. Sokin elimistölle tuomat haitalliset vaikutukset estetään oikealla ensiavulla:

- 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.

Sähkötapaturmien palovammat

Sähkötapaturmassa onnettomuuden uhri saa usein myös palovammoja. Iholla näkyvän pinnallisen palovamman lisäksi sähkö aiheuttaa elimistöön myös sisäisiä palovammoja, jotka voivat olla vaikeita, eivätkä ne ole silmin havaittavissa.

Tavallisen, pinnallisen palovamman ensiapuna on jäähdyttäminen, mutta sähkötapaturmassa palovamma jää toiselle sijalle uhrin elintoimintojen turvaamisen jälkeen. Jos kyseessä on elvytys, palovammalle ei ensiavussa tehdä mitään.

Silmien joutuessa alttiiksi voimakkaalle valo-kaarelle voi seurauksena olla äkillinen häikäisy. Kosteaa kylmää kääre lievittää kipua. Tarvittaessa on hakeuduttava jatkohoitoon.

Ensiavussa tarvitaan hätäkeskuksen, ensiapua antavan auttajan ja ammattiauttajan yhteistyötä. **PIDÄ YLLÄ OPPIMASI ELVYTYSTAITO!**