



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sami Hagelberg

Sähkö- ja hybridautojen huomioiminen ammattiopiston koulutuskorjaamolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

24.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Hagelberg Sähkö- ja hybridi-autojen huomioiminen ammattiopiston koulutuskorjaamolla 40 sivua + 2 liitettä 24.5.2021
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikan YAMK
Ammatillinen pääaine	
Ohjaaja	Lehtori Pasi Kovanen
<p>Opinnäytetyön aiheena on sähkö- ja hybridi-autojen huomioiminen ammattiopiston koulutuskorjaamolla. Työn tavoitteena oli kehittää Luksian, Länsi-Uudenmaan koulutus kuntayhtymän autoalan työturvallisuutta sekä sähkö- ja hybridi-ajoneuvoihin liittyvää opetusta. Samalla kartoitettiin Luksian valmiuksia näihin töihin.</p> <p>Työssä selvitettiin, millaisia vaatimuksia sähkö- ja hybridi-ajoneuvojen huoltamiselle ja korjaukselle on asetettu. Tavoitteena oli tehdä ohjeistus koulutuskorjaamolle sähkö- ja hybridi-ajoneuvojen huoltamisen prosessista. Työn tueksi selvitettiin myös, miten näiden ajoneuvojen huolto- ja korjausprosessi on kahdella esimerkkikorjaamolla toteutettu. Tämä tehtiin haastatteleamalla korjaamopäälliköitä. Työssä tutkittiin myös ajoneuvoasentajille opetettavan SFS 6002 -sähköturvallisuuskurssin opetuksen vaikuttavuutta vertailemalla kahta erilaista pedagogista opetusmenetelmää toisiinsa. Vertailun kohteina olivat opettajalähtöinen ja aktivoiva opetus.</p> <p>Kyseessä on laadullinen kehittämistutkimus. Aiheeseen liittyvää teoriataustaa selvitettiin kirjallisuuskatsauksella ja koulutuskorjaamon nykytilaa kartoitettiin havainnoimalla. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina ja korjaamon tulevaisuutta ideointiin aivoriihen avulla. Pedagogisten mallien vertailu tehtiin laskemalla menetelmien efektikoko.</p> <p>Työn tuloksena syntyi Luksiaan sopiva toimintamalli, jonka myötä ilmeni, että sähkö- ja hybridi-ajoneuvojen huoltaminen vaatii opetushenkilöstöltä mallikohtaista koulutusta sekä normaalia tarkempaa suunnittelua. Työssä on kirjattu huolto-prosessissa huomioitavia seikkoja, joiden avulla henkilökunta voi varmistaa, että sähkö- ja hybridi-ajoneuvot kohdataan turvallisesti.</p> <p>Pedagogisten menetelmien vertailun tuloksista ei voitu vetää johtopäätöksiä pienen otannan vuoksi, mutta tuloksien perusteella saatiin kokemusta oppimista vahvistavista menetelmistä.</p>	
Avainsanat	sähkö- ja hybridi-ajoneuvo, ammattiopisto, Luksia, SFS 6002

Author Title	Sami Hagelberg Consideration of Electric and Hybrid Vehicles in Vocational College Repair Shop Training
Number of Pages Date	40 pages + 2 appendices 24 May 2021
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	
Instructors	Pasi Kovanen, Senior Lecturer
<p>This thesis deals with how electric and hybrid vehicles are considered in vocational college repair shop training. The purpose of the thesis was to develop the repair shop work safety and education related to electric and hybrid vehicles at Luksia, Western Uusimaa Education and Training Consortium, and to analyze and find out how Luksia could prepare for this kind of training.</p> <p>The thesis investigated the requirements for the maintenance and repair of electric and hybrid vehicles. The aim was to provide guidance on the process of maintaining electric and hybrid vehicles for the training workshop. In addition, the thesis investigated how the maintenance and repair process of these vehicles has been implemented in two example repair shops by interviewing workshop managers. The thesis also examined the effectiveness of teaching the SFS 6002 electrical safety course taught to vehicle mechanics by comparing two different pedagogical teaching methods which teacher-centered and activating teaching.</p> <p>This thesis is a qualitative development study. First literature related to the maintenance and repair of electric and hybrid vehicles was studied. After that the current state of the training workshop was analyzed by observation. The interviews were conducted as theme interviews and the future of the workshop was discussed in a brainstorming session. The comparison of pedagogical models was made by calculating the effect size of the methods.</p> <p>As a result, an operating model suitable for Luksia was created, which showed that the maintenance of electric and hybrid vehicles requires model-specific training and more detailed planning than usual for the teaching staff. The thesis includes the factors that must be taken into account in the maintenance process, which will help the staff to ensure that electric and hybrid vehicles are encountered safely.</p> <p>No conclusions could be drawn from the results of the comparison of pedagogical methods due to the small sample size, but the results provided experience with methods that supports learning.</p>	
Keywords	electric vehicle, vocational college, Luksia, SFS 6002

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköturvallisuus	2
2.1	Jännite	2
2.2	Virta	3
2.3	Resistanssi ja impedanssi	3
2.4	Vaihtosähkö ja tasasähkö	4
2.5	Sähkön vaarat	4
2.5.1	Vaihtosähkön vaarat	5
2.5.2	Jaksollisien ei-sinimuotoiset jännitteiden vaarat	6
2.5.3	Pulssimaisien sähköiskujen vaarat	6
2.5.4	Tasasähkön vaarat	6
2.6	Sähkön vaarat ajoneuvossa	8
2.7	Riskikomponenttien tunnistaminen	9
3	Erilaiset hybridi- ja sähköautotekniikat	10
3.1	Hybridiautojen jaottelu	11
3.1.1	Mikrohybridit	12
3.1.2	Kevythybridit	13
3.1.3	Täyshybridit	13
3.2	Sähköautot	13
4	Hybridi- ja sähköautojen huoltamisen ja korjaamiseen liittyvät vaatimukset	14
4.1	Yleiset vaatimukset ja lait	14
4.2	Autonvalmistajien vaatimukset	16
5	Katsaus toimintaympäristöön ja toimintaan tällä hetkellä	17
5.1	Nykytoiminnan havainnointi	17
5.2	Korjaamon yleinen toiminta	17
5.3	Hybridi- ja sähköautot koulutuskorjaamolla	18

5.4	Luksian koulutuskorjaamolla käytettävissä olevat ohjelmistot ja testerit	19
5.5	Hybridi- ja sähköautot ajoneuvoasentajien opetussuunnitelmassa	20
6	SFS 6002 -kurssi	20
6.1	SFS 6002 -kurssi ja sen sisältö	20
6.2	Pedagogiset mallit SFS 6002 -kurssin opetuksessa	21
6.2.1	Käsitykset oppimisesta	22
6.2.2	Opetuksen vaikuttavuus ja oppimistulosten arviointi	23
6.2.3	Oppimistuloksiin vaikuttavia tekijöitä	24
6.3	Pohjustus SFS 6002 -kurssiin	24
6.3.1	Opettajalähtöinen opetus	24
6.3.2	Aktivoiva opetus	25
6.4	SFS 6002 -kurssin toteutus	26
6.5	Huomioita pedagogisten menetelmien välillä	27
6.6	SFS 6002 -kurssin vaikuttavuuden arviointi Luksiassa	28
7	Toiminta hybridi- ja sähköautojen kanssa kaupallisilla korjaamoilla	29
7.1	Puolistrukturoidut haastattelut	29
7.2	Haastattelun kysymykset	30
7.3	Auto-Kehä Oy	31
7.4	e-Expert-korjaamot	32
7.5	Ajatuksia haastatteluista	33
8	Toimintamalli koulutuskorjaamolle	34
8.1	Aivoriihi opetus- ja ohjaushenkilöstön kanssa	34
8.2	Toimintaohjeen laadinta	35
8.2.1	Töiden varauksessa huomioitavat asiat	35
8.2.2	Työnvastaanotossa huomioitavat asiat	36
8.2.3	Työsalissa huomioitavat asiat	36
9	Pohdinta	37
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. SFS 6002 -sähköturvallisuuskurssin kokeiden tulokset	
	Liite 2. Haastattelukysymysrunko	

Lyhenteet

UNECE R 100 Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission sääntö numero 100

RMS Root mean square, neliöllinen keskiarvo

1 Johdanto

Luksian ammattiopiston ajoneuvoasentajien koulutuksessa käytännön harjoittelu painottuu suurelta osin koulutuskorjaamoilla tehtäviin asiakastöihin. Korjaamoilla suoritetaan huolto- ja korjaustöitä kaikille automerkeille ja -segmenteille.

Hybridi- ja sähköautojen osuus liikenteessä olevista ajoneuvoista on kasvussa. Tämän myötä voidaan olettaa, että tulevaisuudessa koulutuskorjaamolle tullaan yhä enemmän tarjoamaan asiakastöiksi sähkö- ja hybridiajoneuvoja. Luksian koulutuskorjaamolla ei tällä hetkellä ole virallista ohjeistusta näiden ajoneuvojen kanssa toimimiseen.

Työn ensisijaisena tavoitteena on lisätä tietämystä koulutuskorjaamon henkilökunnalle sähkö- ja hybridiajoneuvojen mahdollisista riskeistä sekä selvittää, millaisia asiakastöitä koulutuskorjaamossa voidaan turvallisesti tehdä. Vaikka tietämystä onkin teoriassa, on hyvä varmistaa, että korjaamon käytännöt pohjautuvat ajantasaisiin ohjeisiin ja koko henkilökunnalla on sama käsitys toiminnasta opetuskorjaamolla.

Työssä selvitetään myös keinoja tehostaa SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutuksen sisällön oppimista. Tarkoituksena luoda opiskelijoille parempia valmiuksia näiden ajoneuvojen kanssa toimimiseen. Oppimisen tehostamiseksi kokeiltiin kahden eri pedagogisen mallin käyttöä opettamisessa. Opetuksen alustana on pitkään käytetty Prodiags-oppimisalustaa, jossa on teoriaosuus ja tehtäviä sekä loppukoe. Kokemusten mukaan opiskelijat ovat tehneet kurssin tehtäviä muistipelin omaisesti. Opetusta tulisi kehittää siten, että opiskelijat ymmärtäisivät paremmin opiskelemaan asioita ulkoa opettelu sijasta. Erilaisten pedagogisten mallien vaikutusta kurssin pitämiseen ei ole Luksiassa aikaisemmin kokeiltu.

Työn kolmantena tavoitteena on kehittää töiden varaus-, vastaanotto- ja opetusprosesseja hybridi- ja sähköautojen parissa ja tuottaa henkilökunnalle ohjeistusta niiden kanssa toimimisesta koulutuskorjaamolla. Ohjeistus toimii myös muistilistana henkilökunnalle oikeista ja turvallisista toimintatavoista näiden ajoneuvojen kanssa.

Työ on kehittämistutkimus. Sen kirjallisuuskatsauksessa kuvataan sähkön vaaroja sekä millaisia vaatimuksia lait, asetukset ja autonvalmistajat asettavat sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa työskentelyyn. Lisäksi työtä varten on haastateltu kahta korjaamopäällikköä sähkö- ja hybridiajoneuvojen kanssa toimimisesta. Luksian koulutuskorjaamon tulevaisuuden toimintaa pohdittiin opetushenkilökunnan kesken aivoriihiyöskentelyllä. Pedagogisten mallien eroja vertailtiin laskelmalla niiden efektikoot.

Työn on tarkoitus parantaa työturvallisuutta koulutuskorjaamolla. Se on myös hyödyksi myös Luksian autoalan johdolle, joka on vastuussa sähköturvallisuuden toteutumisesta ja sen valvonnasta organisaatiossa.

2 Sähköturvallisuus

Suomessa sähkötapatumiin kuolee keskimäärin kolme henkilöä vuodessa, ja lievempiä onnettomuuksia tilastoidaan noin 200 kpl/vuosi. Vaaratekijöinä ovat valokaaret ja sähköiskut. Epäsuorana vaikutuksena on sähkömagneettinen säteily. [Mäkinen & Rousku 2018: 7.]

Sähköllä on ihmisen elintoimintojen ylläpidossa iso merkitys. Hermoratoja pitkin kulkevat sähköimpulssit ohjaavat lihasten toimintaa supistamalla lihassoluja ja näin aikaansaa lihasten liikkeitä. [Kainulainen ym. 2016: 14.] Kehon toimintajänniteimpulssin taajuus on 10–30 Hz [Mäkinen 2003: 93].

2.1 Jännite

Jännitteen suure on U ja mittayksikkö voltti (V). Jännitteellä tarkoitetaan kahden pisteen välistä potentiaaliero. Tämä potentiaaliero on sähkökentässä se energia, joka tarvitaan varauksen siirtämiseen pisteestä toiseen. Jännitteellä kuvataan sähkövarauskertyminen aikaansaamaa voimaa, jonka tavoitteena on tasata näitä varauseroja. Sähkö pyrkii aina mahdollisimman matalaan potentiaaliin ja sen saavuttamiseksi sähkö käyttää mitä tahansa sähköä johtavaa materiaalia reittinään. Se reitti voi pahimmassa tapauksessa olla ihmiskeho. [Kainulainen ym. 2016: 68.]

Korkeajännitejärjestelmäksi lasketaan autoteollisuudessa tasajännitteellä yli 60 V:n ja vaihtojännitteellä 30 V:n jännitteet [Voltage Classes for Electric Mobility 2013: 6]. SFS 6002 määrittää vaarallisena rajana tasajännitteellä 120 V ja vaihtojännitteellä 50 V, nämä ovat myös pienoisjännitteen rajat. [Mäkinen & Rousku 2018: 12.]

2.2 Virta

Sähkövirran suure on I ja mittayksikkö ampeeri (A). Se kuvaa varausten liikkeen määrää eri potentiaalisten johtimien välillä. Virta kuvaa sitä, montako elektronia kulkee johtimen läpi aikayksikössä. [Kainulainen ym. 2016: 66] Kun kaksi kappaletta, jotka ovat eri potentiaalisissa, yhdistetään toisiinsa sähköä johtavalla materiaalilla, niiden välillä kulkee sähkövirta [Linja-Aho 2012: 9].

2.3 Resistanssi ja impedanssi

Vastuksen eli resistanssin suure on R ja yksikkö Ω . Se kuvaa sitä, miten komponentti tai osa pystyy vastustamaan virran kulkua. Resistanssia on kaikissa virtapiirin osissa riippuen osien resistiivisyydestä. Resistanssi voidaan laskea johtimen pituuden, poikkipinta-alan sekä aineen resistiivisyyden perusteella. [Juhala ym. 2005: 14.]

Sähköiskun vaarallisuus riippuu osittain virran määrästä. Virta taas riippuu jännitteestä ja vastuksesta. Ihmiskehon kokonaisvastus määritellään usein impedanssina, eli vaihtovirtavastuksena [Mäkinen 2003: 96]. Ihmiskehon osat muodostavat vastusta sähkövirran kululle ja aiheuttavat impedanssia. Impedanssi muodostuu kahdesta tekijästä, resistiivisestä ja kapasitiivisesta tekijästä. Ihmiskehon impedanssi on riippuvainen hyvin monesta tekijästä ja vaihtelee kehon osien välillä. Tekijät, jotka vaikuttavat impedanssiin ovat mm. se, mitä kautta virta kulkeutuu kehoon, kuinka kostea iho on, kuinka kauan virta vaikuttaa ja mikä on sen taajuus. Kehon kokonaisimpedanssi pienenee taajuuden noustessa. [Kainulainen ym. 2016: 14.]

Ihmiskehon vähimmäisresistanssi raajojen välillä on 500 - 1000 Ω , kun sähkö pääsee vaikuttamaan ihon alle. Tätä arvoa alemmas vastus ei mene, mutta se voi kasvaa riip-

puen ihon ja kontaktin resistanssista. [Bernstein 1989: 664] Lisäksi osaksi piiriä laskeetaan myös ns. ylimenovastus, joka sisältää esim. käsineet, jalkineet tai vaikka kädessä olevan työkalun, jonka kautta virta kulkee [Mäkinen 2003: 96]. Mikäli sähkö läpäisee ihon, resistanssi pienenee ja vauriot kehossa ovat luonnollisesti isommat [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 6].

2.4 Vaihtosähkö ja tasasähkö

Vaihtosähköllä tarkoitetaan jaksollisesti suuntaansa ja suuruuttaan vaihtavaa sähköä. Vaihtosähkön taajuus Suomessa ja Euroopassa on 50 Hz [Juhala ym. 2005: 14].

Tasasähköllä tarkoitetaan sähköä, jossa jännitteen napaisuus pysyy samana, vaikkakin jännitteen ja virran suuruus voi vaihdella joko säännöllisesti tai epäsäännöllisesti [Juhala ym. 2005: 13].

2.5 Sähkön vaarat

Sähkötapaturmat ovat joko sähköiskuja tai erilaisia palovammoja. Palovammat voidaan jaotella

- läpi kulkevan virran aiheuttamiin vammoihin
- valokaaren aiheuttamiin vammoihin
- pinnallisiin palovammoihin, jotka aiheutuvat kuumien komponenttien kosketuksesta.

[Doe Handbook Electrical Safety: 7].

Virran vaarallisuus ihmiselle on riippuvainen kehoon vaikuttavan virran suuruudesta ja kestoajasta. Virran suuruuteen vaikuttavat jännitteen suuruus, ihon kosteus, kosketuspinta-ala, kosketuspaine, lämpötila ja virran taajuus. [Mäkinen & Rousku 2018: 7.]

2.5.1 Vaihtosähkön vaarat

Vaihtosähkön taajuuden ollessa välillä 15 Hz -1 kHz ovat vaikutukset samat kuin 60 Hz:n taajuudella. 1 - 100 kHz:n taajuuksilla virran täytyy olla suurempi, jotta vaikutus olisi sama kuin 60 Hz:n taajuudella. 100 kHz:n taajuudella virran täytyy olla 100-kertainen vaikuttaakseen samalla tavalla. [Bernstein 1989: 665.]

Vaihtosähkön alin vaaraa aiheuttava virtamäärä 60 Hz:n taajuudella on 0,5 mA. Se on havainnointikynnyksen ylittävä, joka ei itsessään ole vaarallinen, mutta sen seurauksena voi syntyä onnettomuus. Tällainen onnettomuus voi olla sokki tai esimerkiksi putoaminen tikkailta säikähtämisen takia. [Bernstein 1989: 665.]

Kouristusraja-arvo on virtamäärä, jonka ylittyessä lihakset supistuvat tahdottomasti, eikä ihminen pysty itse irrottautumaan virtapiiristä. 60 Hz:n vaihtosähköllä tämä raja on n. 6 mA. Tällä arvolla sähköisku on kivulias, mutta ei välttämättä vaarallinen iskun ollessa lyhytaikainen. Mikäli henkilö ei pääse irti virtapiiristä ja isku pitkittyy, voi kontaktiresistanssin pienentyminen johtaa virran kasvuun tappavalle tasolle. [Bernstein 1989: 665.]

Virran kulkiessa rintaontelon kautta on riskinä kammiovärinän syntyminen. Virran raja-arvot tässä ovat 500 mA vähemmän kuin 0,2 sekunnin ajan tai 50 mA yli kahden sekunnin ajan. Kammiovärinässä sydän ei pumpkaa verta, koska se värisee lyömisen sijasta. Noin viiden sekunnin päästä kammiovärinän alkamisesta ihminen menettää tajuntansa aivojen verenkierron loppuessa. Aivovaurio seuraa noin 3 - 4 minuutin päästä verenkierron loppumisesta. Kammiovärinä on yleisin kuolinsyy alle 1 A:n sähköiskutapaturmissa. [Bernstein 1989: 665.]

Alle 10 mA:n virta ei ole välttämättä vaarallinen, mutta se aiheuttaa aistittavia tuntemuksia. Jo 10 mA voi kuitenkin olla ihmiselle vaarallinen virtamäärä, jos se pääsee vaikuttamaan esimerkiksi hengityslihaksiin. Virran kasvaessa myös palovammojen riski kasvaa virran sisäänmeno ja ulostulo kohdissa. Tämän lisäksi sisäelimissä saattaa tapahtua hiiltymistä ja kiehumista. [Kainulainen ym. 2016: 15.]

Vaihtosähkön vaarallisimpia taajuuksia ovat 50 Hz ja 60 Hz, koska nämä taajuudet aiheuttavat kammiovärinää jo pienilläkin virtamäärillä. Näillä taajuuksilla virta aiheuttaa

myös lihaksiin kouristuksia, jotka voivat estää sähkölaitteesta irti pääsyn. [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 6] Kouristusraja-arvo on vaihtosähköllä pienempi kuin tasasähköllä. Raja-arvo on myös miehillä hieman naisia korkeampi. [Mäkinen & Rousku 2018: 10] Kammiovärinän raja-arvo on tasavirralla huomattavasti suurempi kuin vaihtovirralla. [Kainulainen ym. 2016: 16.]

2.5.2 Jaksollisien ei-sinimuotoiset jännitteiden vaarat

Jaksollisien ei-sinimuotoisten jännitteiden rms eli todellinen tehollisarvo voidaan laskea 500 - 1000 Ω :n kuormalla, joka kuvaa ihmiskehoa. Jännitteen muodon ollessa ei-siniaaltoinen, se sisältää yliaaltoja, jotka ovat perustaaajuutta korkeampia. Mikäli jännite sisältää paljon yli 1 kHz:n yliaaltoja, ei todellinen rms ole kuitenkaan kelvollinen indikaattori tämän jännitteen vaikutuksesta. Tällaisten jännitteiden arvioimiseksi lasketaan todellinen rms-virta. Jos virta on 6 mA tai vähemmän, ei sähköisku ole tappava, koska todellinen vaikutus on pienempi kuin 60 Hz:n taajuudella korkeiden taajuuksien vaimentuessa ihmiskehossa. Todellisen rms-virran ollessa 20 - 50 mA tai suurempi pitää myös korkeiden taajuuksien vaimeneminen ottaa huomioon. 30 tai 50 mA:n todellinen rms-virta voi täten vastata 2:n tai 3 mA:n 60 Hz:n virtaa. [Bernstein 1989: 665.]

2.5.3 Pulssimaisien sähköiskujen vaarat

Pulssimaisia sähköiskuja ovat iskut, jotka ovat lyhytkestoisia verrattuna sydämen sykliin, joka on kestoaltaan n. 750 ms. Pulssimaisissa sähköiskuissa vauriot ovat verrannollisia pulssin energiamäärään. 0,25 J:n iskut ovat epämiellyttäviä mutta harmittomia. Iskut aina 50 J:een asti eivät todennäköisesti johda kuolemaan. Näissä lyhytkestoissa sähköiskuissa on huomioitava, että iskun ajoitus on kriittistä. Sydämen 750 ms:n syklissä on T-aallon aikana 150 ms:n jakso, jonka kohdalle ajoittuva sähköisku voi aiheuttaa kammiovärinän, jos energia on riittävä. [Bernstein 1989: 665.]

2.5.4 Tasasähkön vaarat

Tasasähkön aiheuttamat vaikutukset ihmiseen ovat erilaisia verrattuna vaihtosähköön. Aiheuttaakseen vaihtosähköä vastaavia seurauksia virran määrän on oltava suurempi.

Tasasähköllä aistittavia tuntemuksia tulee n. 2 mA:n virralla. Erona vaihtovirtaan on se, että havainnointi tapahtuu vain sähköiskun alkaessa ja loppuessa. Alle 300 mA:n virralla ei ilmene lihaskouristuksia, mutta virran voi tuntea lämpönä. Yli 300 mA:n virralla kouristukset voivat estää virtapiiristä irrottautumisen. Kammiovärinä voi aiheutua yli kahden sekunnin altistumisesta 150 mA:n virralle tai 0,2 sekunnin altistuksesta 500 mA:n virralle. [Bernstein 1989: 665] Tasasähkö voi aiheuttaa myös lihaskouristuksia jännitteelle, etenkin altistumisen alkamis- ja loppumishetkellä. [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 6.]

Tasavirran ollessa riittävän voimakas se voi aiheuttaa sydämen väsymystä ja sydämen vajaatoimintaa [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 6].

Läpi kulkevan virran aiheuttamat palovammat voivat olla joko ihossa tai kehon sisäisiä. Ne aiheutuvat siitä, että keho ei pysty haihduttamaan lämpöä, jonka virta aiheuttaa. [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 7.]

Sähkövalokaari voi syntyä mm. oiko- tai maasulusta tai kuormitettujen jännitteisten osien erottamisesta. Vaihtoehtoisesti se voi syntyä myös työkalun tai autonosan putoamisesta jännitteellisiin osiin. [Mäkinen & Rousku 2018: 13.]

Valokaaren lämpötila voi aiheuttaa vakaviakin vammoja. Sen lämpötila voi olla jopa tuhansia asteita riippuen vapautuvan sähköenergian määrästä. Palovammojen lisäksi on mahdollinen riski tulipalosta ja etenkin työtä tekevän henkilön vaateiden syttymisestä tulleen. [Mäkinen & Rousku 2018: 13.]

Muita valokaaren synnyttämiä vaaroja ovat äänishokki, iskuaalto, UV- ja IR- ja näkyvän valon alueen sähkömagneettinen säteily, valokaaren mukana räjähdysmäisesti ilmaan leviävät hiukkaset. Vaaraa aiheuttavat myös valokaaren ympäristössä olevan materiaalien sulamisesta ja höyrystymisestä aiheutuvat hengitykselle vaaralliset partikkeli- ja höyrypäästöt. [Mäkinen & Rousku 2018: 13.]

Valokaaren energian vaaran alarajana pidetään 0,5 MJ:a. Vakavia henkilövahinkoja syntyy yli 4 MJ:n valokaarista [Mäkinen & Rousku 2018: 13].

Pinnalliset palovammat aiheutuvat kuuman pinnan tai komponentin koskettamisesta. Aiheuttajana voi olla myös väärin käytetty sähköä johtava työkalu tai korut, jotka ovat tahattomasti virtapiirin osana. [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 8.] Tärkeää jännitteissä onkin asianmukaisten suojarusteiden käyttö.

Sähköiskun aiheuttamat kehon sisäiset vauriot eivät välttämättä näy heti sähköiskun jälkeen. Sisäelimiä turvotus ja ärsytys voi ilmetä viiveellä. Myös iskusta aiheutunut rytmihäiriö voi kehittyä viiveellä kammiovärinäksi. On tapauksia, joissa ihminen on kuollut muutaman tunnin kuluttua lievästä sähköiskusta. [Doe Handbook Electrical Safety 2009: 8.]

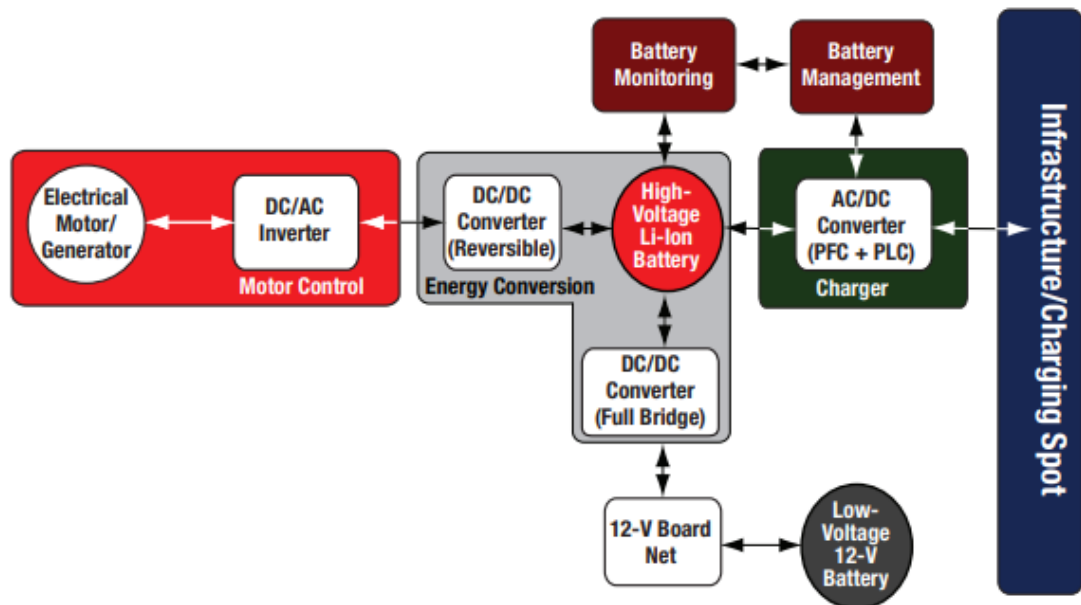
2.6 Sähkön vaarat ajoneuvossa

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen korkeajännitejärjestelmissä on aina tasajännitteisen sähköiskun vaara, koska akustoissa energia varastoidaan tasasähkönä. Periaatteessa voidaan ajatella, että kaikki korkeajänniteakkuun yhteydessä olevat komponentit ovat korkeajännitekomponentteja. Se mitä komponentteja tai osajärjestelmiä ajoneuvossa on, riippuu käytetystä tekniikasta, valmistajasta ja hybridisaatioasteesta. Hybridisaatioasteesta lisää kappaleessa neljä.

Jännitteenmuuntimissa (AC/DC) ja inverttereissä (DC/AC) on läsnä niin tasa- kuin vaihtojännitteisen sähköiskun vaara. Ajoneuvossa saattaa olla myös tasajännitteellisiä korkeajänniteosajärjestelmiä, kuten ilmastoinnin kompressori, PTC-lämmitin, DC/DC-muunnin sekä mahdollinen jännitteen jakaja näille. Ajomoottori voi olla myös tasasähkötoiminen. Lisäksi ajoneuvossa voi olla vaihtojännitettä sisältäviä korkeajänniteosajärjestelmiä, kuten auton sisäinen laturi ja ajomoottori inverttereineen, mikäli se on vaihtosähkötoiminen. [Safety Norms for working on High Voltage Electric Vehicles 2020.]

Muita huomioitavia vaarallisia korkeajännitekomponentteja ovat inverttereissä ja tassa-suuntaajissa olevat kondensaattorit ja osia yhdistävät korkeajännitejohtimet [Hybrid vehicle measurement safety basics 2021].

Alla on kuva tyypillisestä täyssähköajoneuvon sähköjärjestelmästä vaihtosähkömoottorilla ja -latauksella.



Kuva 1. Esimerkkikaavio sähköauton vaihto- ja tasasähkömuunnoksista [Hybrid and Electric Vehicle Solutions Guide 2013 :4].

2.7 Riskikomponenttien tunnistaminen

Sähköturvallisuuden kannalta yksi tärkein asia on riskikomponenttien tunnistaminen ajoneuvossa. Vaikka oltaisiin tekemässä yksinkertaisia huoltotoimia tai pyörien kausivaihtoa, täytyy korkeajännitepiiri ottaa aina huomioon. Esimerkiksi jo auton nostaminen voi väärin tehtynä vaurioittaa esimerkiksi korkeajännitekaapeleita.

UNECE R 100:ssa on määrätty ajoneuvojen korkeajännitekomponenteista ja -kaapeleista seuraavaa: ”Korkeajännitekomponentit tulee suojata mahdolliselta suoralta kosketukselta sellaisilla suojilla, joita ei voi ilman työkaluja poistaa ja ne täytyy merkitä varoitusmerkillä.” Sähköajoneuvojen korkeajännitejohtimista sääntö määrää, että niiden on oltava väriltään oranssit. [UNECE R 100: 11.] Kuvassa 2 on korkeajännitelaitteen varoitusmerkki.



Kuva 2. Korkeajännitelaitteen merkintä.

Suorannaista hengenvaaraa ei siis täyssähkö- ja hybridautoissa pitäisi olla, mikäli autot ovat ehjiä ja komponentit ja suojat ovat alkuperäisessä kunnossa. Korkeajännitekomponentit voi erottaa muista komponenteista niissä olevien varoitusmerkkien ansiosta. Myös korkeajännitejohtimet erottuvat hyvin muista auton kaapeleista värinsä ansiosta. Yleisissä ohjeissa mainitaan 30 senttimetrin suojavyöhyke, jota lähempänä korkeajännitekomponentteja tulee noudattaa suurta varovaisuutta.

Oman haasteensa asiaan tuo se seikka, että mikäli autossa on sähköistä vikaa tai mekaanisia vaurioita, niin on mahdollista, että on olemassa piilevä vika, jonka havaitseminen voi olla hankalaa jopa kokeneelle ammattilaiselle.

3 Erilaiset hybridi- ja sähköautotekniikat

Euroopan unionin autotehtaille asettamien päästötavoitteiden myötä sähkö- ja hybridi-automalleja tulee markkinoille kiihtyvällä tahdilla. Ilmiö näkyy myös Suomessa myytävien henkilöautojen tilastoissa. Perinteisillä tekniikoilla varustettujen ajoneuvojen myynti on laskenut ja vastaavasti vaihtoehtoisilla tekniikoilla varustettujen ajoneuvojen myynti kasvanut. Alla Traficomien tilasto ensirekisteröidyistä henkilöautoista 1 - 6/2019 ja 1 - 6/2020 käyttövoimittain.

Taulukko 1. Ensirekisteröidyt henkilöautot käyttövoimittain 1 - 6/2019 ja 1 - 6/2020 [Ensirekisteröityjen ajoneuvojen tilastot 2021].

	1-6/2019	1-6/2020	Muutos (%)
Bensiini	43 515	31 372	-28 %
Diesel	12 739	7 529	-41 %
Sähkö	995	1 499	51 %
Kaasu	627	1 135	81 %
Bensiini/sähkö (ladattava hybridi)	2 348	5 735	144 %
Diesel/sähkö (ladattava hybridi)	56	115	105 %

Hybridi- ja sähköautotekniikat perustuvat sähkömoottorin käyttöön joko yksinään tai polttomoottorin apuna. Sähkömoottorin tarvitsema energia taltioidaan akkuun tai akustoon, josta se puretaan sähkömoottoriin. Akuston koko ja jännite riippuvat tarvittavasta tehosta ja halutusta toimintamatkasta.

Akussa sähkö varastoidaan tasajännitteenä. Mikäli sähkömoottorille tarvittava sähkö on vaihtojännitettä, täytyy akun tasajännite muuttaa invertterin tehoelektronikan avulla vaihtosähköksi. [Lorenzo ym. 2020.]

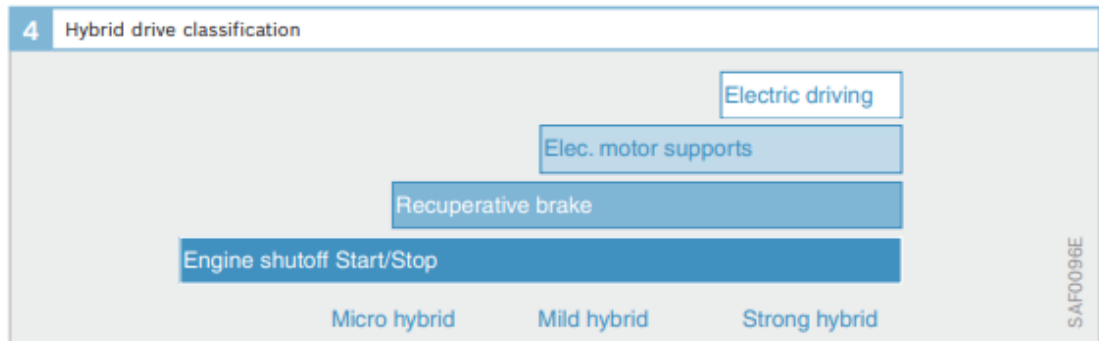
3.1 Hybridiautojen jaottelu

Hybridiajoneuvojen nimityksissä ei ole yhtä standardin mukaista käytäntöä. Nimitykset vaihtelevat riippuen autonvalmistajista. Yksi tapa jakaa hybridiajoneuvot on jako niiden hybridisaatioasteen mukaan. Tässä jaottelussa hybridiautot jakautuvat kolmeen kategoriaan. Nämä kategoriat ovat

- mikrohybridi (microhybrid)
- kevythybridi (mild hybrid)

- täyshybridiajoneuvot (strong hybrid).

Hybridisaatioasteita on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Hybridisaatioasteet [Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 368].

Hybridiautojen sähkömoottorin käyttämiseen tarvittava sähköenergia voidaan tuottaa polttomoottoriin yhdistetyn generaattorin avulla ja ottamalla jarrutusenergiaa talteen. [Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 375.] Plug-in-hybridiautoissa edellä mainittujen vaihtoehtojen lisäksi akkua voidaan ladata auton ulkopuolisella latauslaitteella.

3.1.1 Mikrohybridit

Mikrohybridit ovat hybridisaation ensimmäinen askel. Käytännössä se tarkoittaa start-stop-järjestelmää. Tässä järjestelmässä polttomoottori sammutetaan ajoneuvon pysähtyessä ja se käynnistetään ajoneuvon lähtiessä liikkeelle. Näissä järjestelmissä nimellinen toimintajännite on 12 V eikä akun kapasiteetti ole juuri perinteistä ajoneuvoa isompi. Sähköturvallisuuden näkökulmasta tapaturman riskit ovat olemattomat. [Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 368.]

3.1.2 Kevythybridit

Kevythybridiajoneuvoissa sähkömoottori avustaa polttomoottoria kiihdytyksessä lyhyen aikaa. Mikäli ajoneuvossa myös on start-stop-järjestelmä, toimii sama sähkömoottori polttomoottorin käynnistysmoottorina. Järjestelmän nimellisjännitteet ovat 48 V - 200 V, ja sähkömoottorin teho voi olla jopa 20 kW. [Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 368.]

3.1.3 Täyshybridit

Täyshybridiajoneuvolla pystyy ajamaan taajamassa käyttäen pelkästään sähkömoottoria. Akku on kapasiteetiltaan suurempi kuin mikro- ja kevythybridissä. Moottorin teho on tyyppillisesti 25 - 50kW. [Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 368] Jännitteet voivat olla suuruudeltaan jopa 650 V.[Hybrid vehicle measurement safety basics 2021.] Näissä autoissa on lähes aina mahdollisuus ladata akustoa auton ulkopuolisella laturilla.

3.2 Sähköautot

Sähköauton ainoa voimanlähde on sähkömoottori. Näissä käytettävä korkeajännitetekniikka vastaa täyshybridiajoneuvoissa käytettävää tekniikkaa. Jännitteet voivat olla jopa 800 V:n suuruisia, kuten Hyundain Ioniq 5 -mallissa [2022 Hyundai IONIQ 5 Standard Range 2WD - Specifications 2021].

Alla yhteenveto eri tekniikoilla varustettujen henkilöautojen jännitteistä.

E-mobility performance class overview for passenger vehicles										
		Mild Hybrid			Full Hybrid/Plug-in		EV (Batt/RE/FC)			Unit
		12 V	48 V	HV	mid	Power	Small car	Medium car	Sports car	
max. EM Power	motor-based	4	12	20	60	100	60	100	180	kW
max. EM Speed	motor-based	50	150	150	200	300	200	300	500	Nm
DC voltage	max. (generator-based)) min. (motor-based)	15	60	200	400	450	400	400	450/800	V
		12	36	120	300	250	300	300	300/600	V
max. current	DC	333	333	167	200	400	200	333	550/280	A
	AC	350	500	500	600	800	250	450	1000/500	A
Speed/crankshaft speed ratio or max. EM speed		3	1	1	1	1	10–15 k/min		bis 20 k/min	
Power ratio max./duration		2	2	2	2	2.5	1.5	1.5	2	

Kuva 4. Sähkö- ja hybridi-autojen jänniteluokat [Voltage Classes for Electric Mobility 2013].

4 Hybridi- ja sähköautojen huoltamisen ja korjaamiseen liittyvät vaatimukset

Hybridi- ja sähköautoissa, joissa jännitteet ylittävät tasajännitteellä 60 V ja vaihtojännitteellä 30 V, täytyy huomioida jännitetyötä koskevat lait ja vaatimukset. Kun ajoneuvon korjattava osa on osa korkeajännitepiiriä, tai korkeajännitekomponentit tai -johtimet ovat lähellä korjattavaa kohdetta, on ajoneuvon jännitteettömäksi tekeminen tarpeen.

4.1 Yleiset vaatimukset ja lait

Sähköturvallisuuslain 55 ja 56 §:ssä kerrotaan sähkötöiden tekemisen edellytyksistä ja siitä poikkeamisesta seuraavaa:

55 § Sähkötöiden tekemisen edellytykset

Toiminnanharjoittaja saa tehdä sähkötyötä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan on nimetty henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (sähkötöiden johtaja);
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito;
- 3) toiminnanharjoittajan käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset;
- 4) toiminnasta on tehty ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen kuin sähkötöitä koskeva toiminta aloitetaan.

ja 56 § Sähkötöiden tekemisen edellytyksiä koskevat poikkeukset.

Edellä 55 §:ssä säädetyistä vaatimuksista voidaan poiketa:

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

[Sähköturvallisuuslaki 2016: 55 - 56 §.]

Sähköturvallisuuslain mukaan korjauksia tekevällä henkilöllä on oltava siis riittävä perehtyneisyys, osaaminen ja kokemus. Haasteena tässä määritelmässä on tulkinta siitä, mikä on riittävä perehtyneisyys.

Tämän lisäksi on huomioitava SFS 6002 -standardi ja sen Liite U, Sähköajoneuvot, jossa sanotaan koulutuksesta seuraavaa:

Hybridi- ja sähköajoneuvoja korjattaessa tämän standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskoulutus soveltuvin osin ja tarvittava ajoneuvomallia koskeva koulutus, on annettava kaikille ajoneuvon huolto- ja korjaustoimenpiteitä tekeville.

Ne korjaamohallissa työskentelevät, jotka eivät osallistu sähköajoneuvojen huolto- ja korjaustöihin, eivät tarvitse varsinaista sähkötyöturvallisuuskoulutusta. Heille riittää perehdytys sähkön vaaroihin ja toimintaan. [SFS 6002 2015.]

Tästä käy ilmi SFS 6002 -koulutuksen ja ajoneuvomallikohtaisen koulutuksen vaade.

Toinen laki, joka täytyy ottaa huomioon, on työturvallisuuslaki. Sen mukaan työnantajalla on vastuu työntekijöiden turvallisuudesta [Työturvallisuuslaki 2002: 8 §] Tässä yhteydessä voidaan katsoa, että työnantajan vastuulla on huolehtia SFS 6002 -standardissa mainitusta mallikohtaisesta koulutuksesta, sopivista työkaluista, mittalaitteista sekä sähköturvallisuuskoulutuksesta, mikäli korkeajännitetöitä halutaan tehdä.

4.2 Autonvalmistajien vaatimukset

Autovalmistajat vaativat mallikohtaisen koulutuksen asentajiltaan. Riippuen autonvalmistajasta koulutuksen määrä ja sisällöt vaihtelevat. Korkeajännitepiiriä koskevissa ohjeissa autonvalmistajat nimeävät myös työssä tarvittavat työvälineet. Vastaavuuksien kanssa täytyy olla tarkkana, mikäli merkkikohtaisia välineitä ei ole käytössä.

Esimerkkinä Toyotan koulutus mekaniikoilleen. Mekaanikkojen koulutusohjelmassa on neljä tasoa:

1. TT eli Toyota Technician
2. PT eli Toyota Pro Technician
3. DT eli Toyota Diagnosis Technician
4. DMT eli Toyota Diagnosis Master Technician.

Kukin taso sisältää opetussuunnitelman, jossa on itseopiskelumateriaaleja (pakollisia ja suositeltavia) sekä Toyota Ammattioppilaitoksen tarjoamia lähiopetus- tai virtuaalikursseja (pakollisia ja suositeltavia). Lisäksi nämä sisältävät sertifiointin, jossa on sertifiointi- ja uudelleen sertifiointikokeet ja ammattitaidon arvioinnit.

Jännitetyökoulutukseen kutsutaan isompien liikkeiden DMT-mekaanikot, eli se on mahdollinen vain vaativimman luokan koulutuksen saaneille mekaniikoille. Sen koulutus toteutetaan mallikohtaisesti kaksi vaiheisena: ensimmäinen vaihe virtuaalinen koulutus, jossa käydään malleittain järjestelmien toiminta, toinen vaihe luokahuonekoulutuksena, jossa tehdään käytännön harjoituksia ja mittauksia. [Ronkainen 2021.]

5 Katsaus toimintaympäristöön ja toimintaan tällä hetkellä

5.1 Nykytoiminnan havainnointi

Nykytilan määrittelyn välineeksi valittiin havainnointi, joka on kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmä. Se on tarkkailua, joka kohdistuu joko pieniin yksityiskohtiin tai laajempaan kokonaisuuteen. Havainnoinnin avulla saadaan parhaiten tietoa siitä, miten ihmiset oikeasti toimivat, kerrotun sijaan. Käytännön tekemisen arvomaailma saattaa usein olla erilainen verrattuna siihen arvomaailmaan, mitä ajatuksissa mielletään. [Hirsjärvi ym. 1997: 212.] Havainnoinnissa kohteena oli laajempi tapahtuma eli se, miten sähkö- tai hybridiajoneuvon kanssa toimittiin koulutuskorjaamolla.

Havainnointia tehtiin koulutuskorjaamon työsalissa työskentelevien henkilöiden parissa ja se aloitettiin syksyllä 2019. Havainnointi ei ollut systemaattista, vaan pikemminkin arjen toimintaan sopeutettua ja oman työn ohessa tehtyä. Välillä olin seurannan alla olevan ryhmän jäsen ja välillä tarkkailin ryhmää sivusta.

5.2 Korjaamon yleinen toiminta

Luksiassa koulutetaan ajoneuvoasentajia, joka on autoalan perustutkinto. Autoalan opetusta on kahdessa toimipisteessä, Lohjan ja Vihdin toimipisteessä. Koulutus on käytäntöpainotteista. Käytännön harjoittelu tapahtuu oppilaitoksen koulutuskorjaamolla sekä työpaikalla järjestettävässä koulutuksessa paikallisilla autokorjaamoilla. Koulutuskorjaamo kehitetään jatkuvasti toiminnaltaan lähemmäs nykyaikaista korjaamo. Siitä pyritään saamaan mahdollisimman autenttinen oppimisympäristö.

Ennen kuin opiskelijat pääsevät koulutuskorjaamolle harjoittelemaan, täytyy heidän osallistua työturvallisuuskoulutukseen. Koulutuksen aikana käydään läpi mm. korjaamon laitteiden, nosturien ja kemikaalien turvallinen käyttö. SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutus pidetään myöhemmin ensimmäisen opiskeluvuoden aikana.

Se, millaisia asiakastöitä koulutuskorjaamolle otetaan, on opettajien vastuulla. Asiakastöiden varausprosessin asiakkaan kanssa hoitaa tällä hetkellä erikoisammattihenkilö tai

ammattillinen ohjaaja. Korjaamalla pyritään tekemään opetussuunnitelman mukaisia töitä riippuen siitä, mikä ryhmä on työsalissa. Koulussa opetettavat opinnot ovat tällä hetkellä auton tai moottoripyörän huoltaminen ja auton korjaaminen. Valinnaiset opinnot suoritetaan työpaikalla järjestettävässä koulutuksessa. Töitä varataan nosturikohtaisesti riippuen siitä, kuinka paljon opiskelijoita työsalissa on ja kuinka pitkällä he opinnoissaan ovat.

Koulutuskorjaamossa opetus eroaa työpaikalla tapahtuvasta koulutuksesta siinä, että korjaamalla opiskelija tekee yleensä työtä asentajan parina tai ohjauksessa, kun taas koulutuskorjaamalla opettaja opettaa ja valvoo koko luokan tekemistä samanaikaisesti apunaan toinen opettaja, ammatillinen ohjaaja tai erikoisammattihenkilö. Ohjaajien suhde opetettaviin on pieni, kahta ohjaavaa henkilöä kohti on usein jopa yli 30 opiskelijaa. Opetus tai ohjaus onkin usein katkonaista. Työkokonaisuudet täytyy usein jaksottaa pienempiin osiin, jotta kaikki työvaiheet tulisi valvottua. Koulutuskorjaamon yksi heikkous onkin kaikkien työvaiheiden reaaliaikainen valvonta, koska tähän ei ole resursseja. Töiden tarkastus ennen asiakkaalle luovutusta on erityisen tärkeää.

Vaikkakaan tapaturmia ei Luksiassa ole tapahtunut, on läheltä piti -tilanteita ollut. Näissä tilanteissa opiskelija on tehnyt ajattelemattomuuttaan virheen, joka ilman henkilökunnan viime hetken puuttumista, olisi voinut johtaa jopa henkilövahinkoihin. Vaikka opiskelijat perehdytetään työturvallisuuteen, voivat opit unohtua keskittymisen herpaantuessa.

5.3 Hybridi- ja sähköautot koulutuskorjaamalla

Opettajat suhtautuvat hybridi- ja sähköautoihin asiakastöinä vaihtelevasti. Mitään sovitua toimintatapaa ei ole. Osa ottaa näitä ajoneuvoja koulutuskorjaamon asiakastöiksi ja osa ei. Korjaamalla käynyt joitakin hybridautoja mm. määräaikaishuolloissa, alustaan tai jarruihin liittyvissä korjauksissa tai renkaiden vaihdossa. Tehdyt työt eivät ole siis liittyneet auton korkeajännitejärjestelmään. Ajoneuvojen kanssa työskennellessä ei ole toimittu mitenkään poikkeavasti. Yleensä on huolehdittu siitä, että ajoneuvon kanssa työskentelevällä opiskelijalla on SFS 6002 -koulutus suoritettuna. Työsalissa muiden ajoneuvojen kanssa harjoituksia tekeviltä opiskelijoilta tai korjaamalla työskentelevältä henkilökunnalta sitä ei ole vaadittu. Ajoneuvon valmistajalta ei ole pyydetty työhön liittyviä ohjeita, koska turvallisuusriskiä ei ole todettu.

Huomioitavaa on myös se, että asiakas ei ymmärrä aina mainita, että hänen autonsa on sähkö- tai hybridiajoneuvo, ja kiireessä seikka on huomattu vasta autoa työn alle ottaessa. Jostain työstä on kieltäydytty, kun työtä aloittaessa on huomattu, että polttomoottorin huoltotyöhön liittyy huoltoerottimen ja korkeajännitekomponentin irrottaminen.

5.4 Luksian koulutuskorjaamolla käytettävissä olevat ohjelmistot ja testerit

Koulutuskorjaamolla korjausohjeiden hakuun käytetyt ovat ohjelmistot ovat Autodata, Alldata, Ad-tieto (HaynesPro), Bosch ESI[tronic]. Minkään autonvalmistajan infoportaalia ei ole käytössä. Nykyiset ohjelmistot toimivat polttomoottoriajoneuvojen määräaikaishuoltojen suorittamiseen tarvittavaan tiedonhakuun suhteellisen hyvin. Sieltä löytyy kattavasti huolto-lomakkeet, momentit, täyttömäärät, yms. Korjausohjeita ja sähkökaavioita nämä ohjelmat sisältävät kovin suppeasti.

Tällä hetkellä käytössä olevat ohjelmistot antavat suuntaa korkeajännitepuolen kanssa toimimiseen, mutta ne eivät mielestäni anna luotettavaa tietoa. Kaikki ohjelmat varoittavat heti korkeasta jännitteestä auton tiedot syöttäessä. Autodatan varoitus on seuraava: "Varoitus: Hybridikäyttöinen ajoneuvo! Tämä ajoneuvo käyttää korkeajännitteistä sähkövirtaa, joka voi aiheuttaa sähköiskuvaaran tai muun loukkaantumisen vaaran. Ellei toisin mainita, korkeajännitteisen akkusarjan irtikytkentä ei ole tarpeen määräaikaaisia huolto- ja kunnossapitotöitä varten."

Omien kokemusteni mukaan näissä ohjelmissa on kuitenkin jonkin verran mallikohtaisia sopimattomuuksia ja käännösvirheitä. Ohjeet ovat välillä ylimalkaisia ja tulkinnan varaisia. Joskus vaihtamalla kielen englantiin on asia selkiintynyt. Ohjelmien käyttökelpoisuus sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa on siksi arveluttavaa. Ohjeeksi turvalliseen työskentelemiseen korkeajännitepiirin kanssa ne eivät mielestäni sovellu. Esimerkkinä mainittakoon Autodatan Toyota Prius Hybrid (XW30) -mallin ohjeistus polttimon vaihdosta. Autodata ohjeistaa tässä automallissa kaikkien polttimoiden vaihdon yhteydessä tekemään korkeajännitejärjestelmän jännitteettömäksi Toyotan omasta korjausohjeesta poiketen. Näin ollen Autodatan ohjeiden noudattaminen saattaa aiheuttaa tarpeettomia työvaiheita ja jopa riskitilanteita. Käyttökelpoisin yllämainituista ohjelmistoista on Alldata, joka on ainoa ohjelmisto, josta löytyy korkeajännitepuolen kytkentöjen kuvauksia joihinkin ajoneuvoihin.

Diagnosilaitteina käytössä on Bosch KTS, VCDS, Texa ja Autocom. PassThru -käyttöliittymää ei ole käytössä eikä myöskään merkkikohtaisia testereitä. Näiden käyttökelpoisuus vaihtelee automerkeittäin.

5.5 Hybridi- ja sähköautot ajoneuvoasentajien opetussuunnitelmassa

Opetussuunnitelman perusteiden mukainen hybridi- ja sähköautotekniikan opetus sisältää SFS 6002 -standardin mukaisen tiedon hallinnan Se sisältyy auton tai moottoripyörän huoltaminen -opintokokonaisuuteen (45 osp). [Autoalan perustutkinto 2019.] SFS 6002 -koulutuksen tarkoituksena on se, että opiskelija tunnistaa ajoneuvot, joiden tekniikka sisältää vaarallisia jännitteitä ja että hän osaa turvallisesti käyttää ja työskennellä tällaisen ajoneuvon parissa. Koulutus on siis yleispätevä työturvallisuuskoulutus hybridi- ja sähköajoneuvojen parissa työskentelyyn. Se ei anna merkki- tai mallikohtaista osaamista, mutta antaa pohjaa niiden omaksumiseen jatkokoulutuksissa.

6 SFS 6002 -kurssi

6.1 SFS 6002 -kurssi ja sen sisältö

Hybridi- ja sähköautojen opetus perustutkinnon ops:n mukaisesti tapahtuu SFS 6002 -standardin mukaisen sisällön opettamisella ja osaamisen varmistaminen tapahtuu loppukokeella. Teoriaopetus tapahtuu Prodiags-ohjelma-alustalla, josta löytyy opetusmateriaali, harjoitustehtävät sekä Autoalan Keskusliiton hyväksymä loppukoe. Loppukokeessa on kaksi osaa. Osat ovat ”Sähkön vaaratekijät ja organisaatio” ja ”Tekniikka, välineet ja työskentely”. Loppukokeessa on monivalintatehtäviä, joissa on väittämiä ja esimerkiksi työvälineiden tunnistusta. Tehtäviin voi olla useampi kuin yksi oikea vastaus. Molemmissa osioissa pisteiden maksimi on 100. Läpipääsyn rajana on 60 pistettä.

Yleinen käytäntö on ollut, että opettaja käy materiaalin läpi opiskelijoiden kanssa lähiopetuksena, jonka jälkeen opiskelijat tekevät kyseisen moduulin harjoituksia Prodiags-alustalla. Opettaja näkee alustalta opiskelijoiden suorituskerrat ja tulokset. Kun opiskelija on

läpäissyt kaikki osa-alueet hyväksytysti, opettaja voi avata loppukokeen hänelle. Loppukoe suoritetaan valvotusti.

Tehtävissä ja kokeessa on väittämiä, joista opiskelijan tulee valita oikeat vastaukset. Oma tekstiä opiskelijoiden ei tarvitse tehtävissä eikä kokeessa tuottaa. Opettajat ovat havainneet, että osa opiskelijoista valitsee vastauksia muistin varassa, ymmärtämättä kysymystä ja vastausta. Kuulopuheiden mukaan muutamissa oppilaitoksessa opiskelijat ovat muodostaneet sosiaaliseen mediaan ryhmän, jossa jaetaan oikeita vastauksia kysymyksiin. Prodiagsin sisällön lisäksi SFS 6002 -opetukseen tulee liittyä käytännön harjoittelua työsalissa, missä käsitellään teoriassa opetettuja asioita.

AKL on kirjannut sähköturvallisuuskoulutuksen loppukokeen käyttöehtoihin minimisisällöt, joista etenkin muut yleiset vaatimukset on tärkeää huomioida. Ne eivät ilmene Prodiags-ohjelmasta. Nämä vaatimukset ovat seuraavat:

Sisältää huolto- ja korjaustoiminnassa tarvittavia yleisiä työ- ja pelastusvälineitä sekä mahdollisuuden niihin tutustumiselle käytännössä.

Sisältää käytännön harjoitustilanteen tai esimerkin pelastamisesta ajoneuvon kanssa niillä välineillä, jotka yrityksellä tulee olla käytössä.

Tarjoaa mahdollisuuden tutustua ja opetella komponenttien tunnistamista ja sijaintia esimerkki ajoneuvossa.

[Käyttöoikeusehdot Autoalan sähköturvallisuus SFS 6002 loppukoe 2019.]

Tässä ilmenee se, että myös käytännön harjoitteet on tehtävä eikä pelkkä teoriaopiskelu riitä. Luksiassa käytännön tutustuminen sähkö- tai hybridiajoneuvoon on tehty oppilaitoksen omistaman Toyota Auris Hybridin parissa. Luksia omistaa myös täyssähköisen Nissan Leafin, jota on myös mahdollista käyttää koulutuksissa.

6.2 Pedagogiset mallit SFS 6002 -kurssin opetuksessa

Hybridi- ja sähköautojen kanssa työskentelyn työturvallisuus oppilaitoksessa on tiukasti sidoksissa SFS 6002 -sähköturvallisuuskurssin opetuksen vaikuttavuuteen. Opetettujen

asioiden osaaminen on työturvallisuuden kannalta todella tärkeää, mikäli näitä autoja otetaan asiakastöiksi. Voidaanko varmistua työturvallisuudesta, mikäli opiskelijat ovat suorittaneet SFS 6002 -kurssin? Lähdimme Luksian Nummelan-toimipisteessä kokeilemaan kahden eri pedagogisen mallin käyttöä kurssin opetuksessa.

6.2.1 Käsitteet oppimisesta

Tämän päivän vallitsevimmat käsitteet oppimisesta ovat konstruktivinen ja sosiokonstruktivistinen käsite. Konstruktivisessa käsitteessä oppija rakentaa tietoa olemassa olevan tiedon päälle. Sosiokonstruktivistisessa käsitteessä painotetaan ryhmän ja yhteisön tärkeyttä oppimisessa. [Niemi & Multisilta 2014: 18.] Näiden käsitteiden mukaan on tärkeää huomioida, että kaikilta löytyy jokin kosketuspinta opetettavalle asialle ja että oppimiseen liittyy asian ymmärtäminen ja sitä kautta kyky soveltaa opittua tietoa. Tärkeää on myös yhteisön ja vuorovaikutuksen osuus oppimisessa.

Oppimiseen on liitetty myös tieto siitä, että oppimisen tehokkuus eri ihmisillä riippuu aistista, jonka kautta oppiminen tapahtuu. Se vaihtelee yksilöittäin ja on myös useasti monen tavan yhdistelmiä. Tavot ovat visuaalinen (näköaistiin perustuva), auditoriivinen (kuuloaistiin perustuva) ja kinesteettinen (tuntoaistiin perustuva). [Niemi & Multisilta 2014: 19.] Tämän mukaan opetuksen ja oppimateriaalin suunnittelussa onkin hyvä huomioida nämä kaikki oppimistavat, mikäli suinkin mahdollista.

Etäopetuksen aikana korostuva oppimiseen liittyvä taito on itseohjautuvuus. Se mielletään usein aktiivisuutena ja omatoimisuutena. Itseohjautuvuus on kykyä toimia kohti annettuja tavoitteita. Sen taso riippuu usein siitä, kuinka mielekkääksi asian koemme itsellemme. Sillä on myös todettu olevan suora yhteys oppimiseen. [Norrena 2019: 13.]

Juho Norrenan mukaan oppimistapahtuma voidaan jakaa neljään osa-alueeseen, jotka ovat

- ajattelu ja innostuminen
- aloittaminen
- työhön keskittyminen, peräänantamattomuus ja valmiiksi saattaminen

- arviointi, palaute ja reflektointi.

Oppijan ollessa aktiivinen yhdelläkin yllä luetelluista osa-alueista, voidaan sanoa hänen olevan itseohjautuva. Yksikin osa-alue on riittävä alku kehitykselle. Tukemalla näitä osa-alueita tarpeen mukaan voidaan myös oppimista tehostaa. Itseohjautuvuuden tehostaminen on tavoitteellista kuten itse oppiminenkin. Tarvitaan tavoitteet, seuranta ja lopuksi arviointi. [Norrena 2019: 96.]

Mielestäni opiskelijoiden kyky itseohjautuvuuteen vaihtelee paljon autoalalla. Oppimistilanteissa olisi siis hyvä kiinnittää huomiota oppimistapahtuman osa-alueisiin itseohjautuvuuden kannalta. Itseohjautuvuutta pitäisi seurata ja mikäli joku opiskelijoista juuttuu johonkin alueeseen, tulisi häntä tukea tavoitteellisesti pääsemään eteenpäin.

6.2.2 Opetuksen vaikuttavuus ja oppimistulosten arviointi

Opetuksen vaikuttavuutta voidaan tutkia oppimistulosten kautta. Oppimistuloksien arviointiin hyvä menetelmä on ryhmien suhteellisen eron laskeminen. Tätä sanotaan efektin kooksi. Efektikoko saadaan jakamalla koe- ja verrokkiryhmien keskiarvojen erotus tapausarvojen keskihajonnalla, kokonaiskeskihajonnalla. Efektikoko merkitään kirjaimella d ja sitä kutsutaan myös Cohenin d :ksi. [Saloviita 2013 :20.]

$$\text{Efektikoko} = \frac{(\text{keskiarvo koeryhmässä}) - (\text{keskiarvo verrokkiryhmässä})}{\text{tapausarvojen keskihajonta}}$$

Efektikoon arvon ollessa 1,0 ryhmien keskiarvot ovat yhden keskihajonnan päässä toisistaan. Efektia arvioitaessa:

- $d = 0,2$ efekti on vähäinen
- $d = 0,4 - 0,5$ efekti on keskinkertainen
- $d = 0,6 - 0,8$ efekti on suuri.[Saloviita 2013 :20.]

Efektikokoon vaikuttavista tekijöistä yksi on otoskoko. Yksilötutkimuksista on saatu isompia efektikokoja kuin ryhmätutkimuksista. [Kroesbergen & Van Luit 2003: 100.] Ryhmätutkimuksissa on havaittu, että efektikoko kasvaa ryhmäkoon pienentyessä. Tutkimuksen luotettavuus kasvaa ryhmäkoon kasvamisen myötä. [Vaikuttavuustekijöitä.] Pienillä ryhmillä tulokset saattavat vääristyä eivätkä siis ole niin merkityksellisiä.

6.2.3 Oppimistuloksiin vaikuttavia tekijöitä

Oppimistuloksiin vaikuttavien asioiden tutkiminen on haastavaa, koska muuttujia on hyvin paljon. Hattien tutkimuksen mukaan oppimistuloksiin vaikuttavista tekijöistä merkityksellisiä positiivisia vaikutuksia on mm. yhteistoiminnallisilla menetelmillä, myönteisellä oppimisympäristöllä, työrauhalla ja selkeillä tavoitteilla ($d = 1,04 - 0,52$). Opettajan ominaisuuksilla on jonkin verran vaikutusta ($d = 0,52$). Sen sijaan opettajankoulutuksen ja opettajan pedagogisen sisältötiedon vaikutukset oppimiseen ovat tutkimuksen mukaan mitättömiä. [Hattie 2009 :108.]

6.3 Pohjustus SFS 6002 -kurssiin

SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutus pidetään ensimmäisen opiskeluvuoden aikana. Opiskelijoiden lähtötasot vaihtelevat ja kaikilla ei ole välttämättä tartuntapohjaa opiskeltaviin asioihin. Tämän vuoksi on varmistettava, että sähköön perusteet osataan.

Ennen sähköturvallisuuskoulutuksen aloittamista, opiskelijoille on opetettu lähiopetuksena sähköön peruskäsitteitä, sähkömoottorin ja generaattorin toimintaperiaatteet. Tämän lisäksi verkko-opintoina on opiskeltu Prodiags-oppimisalustalla sähkötekniikka kokonaisuus. Se antaa tietopohjaa sähköturvallisuuskurssia varten. Siinä käydään läpi mm. sähköön syntyminen, sähkötekniikan peruslait, yleismittari ja mittaukset sen avulla.

6.3.1 Opettajalähtöinen opetus

Vertailun ensimmäiseksi pedagogiseksi malliksi valittiin perinteinen opettajalähtöinen opetus. Se on opettajakeskeistä opettamista, jossa oppilaiden rooli on passiivinen. Sitä

on arvosteltu siitä, ettei menetelmän kautta tapahtuva oppiminen ei ole tulosta opiskelijan ajattelusta ja oivalluksista, vaan on lähinnä annetun tiedon vastaanottamista. Opiskelijoiden passiivinen rooli johtaa yleensä myös siihen, ettei mielenkiinto opetuksen seuraamiseen tahdo riittää. [Saloviita 2013: 45.]

Menetelmässä on paljon hyvääkin. Se on paljon tutkittu ja tehokkaaksi havaittu opetusmetodi. Opettajan on helppo kontrolloidusti ohjata opiskelijoitaan kohti antamia tavoitteita. Opettajan rooli luokan johtajana korostuu ja auttaa siten myös luokan järjestyksen säilyttämisessä. [Saloviita 2013: 46.] Tässä opetustavassa opettaja tuntee varmuutta siitä, että kaikki opetettavat asiat on opetettu kaikille opiskelijoille ja että opettaja on tehnyt oman osansa. Se on myös peruskoulusta tuttu opetustapa, josta kaikilla on kokemusta, niin opiskelijoilla kuin opettajillakin.

6.3.2 Aktivoiva opetus

Toiseksi opetusmenetelmäksi valittiin aktivoiva opetus. Se on pedagoginen malli, jossa on tärkeintä oppiminen. Menetelmässä päävastuu oppimisesta on opiskelijalla. Opettaja ei ole niinkään tiedon välittäjän roolissa, vaan enemmänkin opiskelijoiden ohjaaja. Se perustuu konstruktiviseen oppimiskäsitykseen ja prosessipainotteiseen ajattelutapaan. [Lonka & Lonka 1991: 12.]

Aktivoiva opetus perustuu mm. seuraaviin periaatteisiin: Uuden oppiminen yhdistetään mieluisuuteen, aikaisemmin opittuun asiaan tai kokonaisuuteen [Lonka & Lonka 1991: 21]. Se pyrkii myös kehittämään opiskelijoiden itseopiskelua. Kun opiskelijat opiskelevat itsenäisesti perusasiat, voi opettaja keskittyä syvällisempien asioiden käsitelyyn. [Lammi & Hatakka 2015: 3.] Haasteena tässä onkin opettajan roolin muutos perinteisestä ja kyky luottaa opiskelijoiden itseopiskeluun.

Opettajan on oltava opiskelijan tukena koko opiskeluprosessin aikana seuratakseen oppimista ja havaitakseen oppimisen haasteelliset kohdat. Oppimisen lopputuloksen sijasta tärkeämpää on opiskelijan kehitys ja lähtökohtien suhde opittuun sekä palautteen antaminen siitä. [Lonka & Lonka 1991: 21.]

6.4 SFS 6002 -kurssin toteutus

Covid-19-pandemiatilanteen vuoksi oppilaitoksessa sai olla ainoastaan kuusi henkilöä samassa tilassa mukaan luettuna opettaja. Tämän johdosta kurssin teoriaosuus pidettiin poikkeuksellisesti verkossa. Opetus tapahtui Microsoft Teams ja Prodiags -ohjelmien avulla. Kurssin lähiopetus tapahtui pienryhmissä kurssin viimeisen päivän aikana. Sama opettaja opetti molempia ryhmiä.

Ennen kurssin alkua opiskelijoille teetettiin tasokoe, jonka tulosten perusteella mietittiin kurssin opetuksen asioiden painotusta. Lähtötasokokeen tuloksia käytettiin myös ryhmän jaotteluun eri pedagogisten menetelmien testausta varten. Henkilöt jaoteltiin lähtötasokokeen mukaan ja arvottiin sen jälkeen kahteen ryhmään. Ryhmiä muokattiin vielä tämän jälkeen, koska kaikki alun perin kutsutut eivät päässeet osallistumaan. Ryhmät jäivät tämän vuoksi verrattain pieniksi, yhdeksän henkilöä/ryhmä.

Opettajalähtöisellä kurssilla opettaja kävi kurssi materiaalin läpi luentotyypisellä otteella. Välillä opiskelijoille esitettiin kysymyksiä, joiden avulla opettaja sai palautetta ymmärtämisestä, sekä valvottiin läsnäoloa. Muutoksena aikaisempiin kursseihin oli se, ettei Prodiags-materiaalin harjoitustehtäviä käytetty. Opiskelijat eivät siis saaneet harjoitella monivalintatehtäviin vastaamista etukäteen. Tällä pyrittiin poistamaan muistipelimäinen harjoittelu, jota aiemmin oli havaittu tapahtuvan. Kurssin lopuksi oli lähiopetusta, jossa käytiin läpi teoriassa opittuja asioita, opetettiin auton korkeajännitekomponenttien sijainti autossa ja harjoiteltiin pelastusta onnettomuustilanteessa.

Aktivoiva kurssi toteutettiin ajankäytöllisesti ja menetelmällisesti eri tavalla. Opiskelijoille ei luennoitu materiaalia kuten opettajalähtöisessä kurssissa, vaan opiskelijoita pyydettiin opiskelemaan itsenäisesti eri osiot ja asioista keskusteltiin videopalavereissa. Palavereissa refleктоitiin luettuja asioita keskustelemalla ja opettaja täydensi tietoja tarpeen mukaan. Palavereja oli päivän aikana useampi.

Kurssiin liitettiin myös useita opiskelijoita aktivoivia menetelmiä. Ensimmäinen aktivoiva tehtävä oli kurssin alussa annettu kirjoitustehtävä, jossa opiskelijoita pyydettiin kirjoittamaan viisi asiaa, miksi sähköturvallisuuskurssi on tärkeä. Tällä pyrittiin luomaan moti-

vaatiota ja orientoitumista opeteltaviin asioihin. Toinen koko kurssin mukana kulkeva aktivoiva elementti oli case-oppiminen. Tämä toteutettiin siten, että aktivoivan kirjoitustehtävän jälkeen opiskelijoille esiteltiin case, eli tosielämän tilanne. Tässä opiskelijoille kerrottiin, että asiakas toi korjaamolle korjattavaksi hybridiajoneuvon, jonka ilmastointi ei toiminut. Opiskelijoita pyydettiin pitämään annettu tilanne mielessä opiskelun aikana ja miettimään, miten auton kanssa tulisi toimia ja mitä pitäisi ottaa huomioon vianmäärityksessä. Caseen palattiin palaverissa.

Kolmantena aktivoivana menetelmänä otettiin käyttöön oppimispäiväkirjan pitäminen teoriaopetuksen tueksi. Oppimispäiväkirja tuli palauttaa jokaisen päivän päätteeksi. Siihen tuli listata kaksi päivän aikana opittua asiaa. Tämän kautta opettaja pysyi kaikkien opiskelijoiden tilanteesta tasalla.

6.5 Huomioita pedagogisten menetelmien välillä

Opettajalähtöisen kurssin teoriaopiskelu kesti kolme päivää, kun taas aktivoivan opetuksen kurssin teoriaosuus kesti viisi päivää. Syynä kurssin alkuvaiheen takertelu ja osittaisen itseopiskelun vaatima pidempi aika. Opiskelijoilla oli kurssin alussa vaikeuksia päästä sisälle normaalista poikkeavaan opiskelutapaan. Opiskelijat ovat ilmeisesti tottuneet pitkälti siihen, että itse ei tarvitse nähdä muuta vaivaa, kuin kuunnella. Kurssia vetänyt opettaja totesi myös luetun ymmärtämisen vaikeudet yhdeksi haasteeksi menetelmälle. Kurssin edetessä opettaja totesi, että opiskelijat tarvitsevat muutaman lisä päivän, jotta kaikki opetettavat asiat ehditään käydä läpi.

Aktivoivaan opetukseen mukaan otettujen oppimispäiväkirjojen palautusta jouduttiin vaatimaan ensimmäisen opiskelupäivän jälkeen, koska kaikki eivät sitä palauttaneet. Kurssin edetessä opiskelijat oppivat, että oppimispäiväkirjat tulee palauttaa ja se vaikutti positiivisesti myös motivaatioon.

Opettaneen opettajan kokemuksen mukaan case-oppiminen oli opiskelijoille hankalaa, koska kokemus autonkorjaamisesta on vähästä ja peräisin oppilaitoksesta. Samaistuminen korjaamomaailmaan on vielä vaikeaa, varsinkin kun Covid-19-tilanteen vuoksi käytännön harjoittelua korjaamolla oli kyseiselle opiskelijaryhmälle kertynyt noin kolme kuukautta.

Toinen huomio opettaneelta opettajalta oli oppimisen seurannan tärkeys. Opettajälähtöisessä luentotyypisessä opetuksessa korkealla substanssiosaamisen tasolla oleva opettaja voi helposti olettaa, että kaikki opiskelijat ymmärtävät hänelle päivän selvät asiat. Näin ollen hän voi opettaa asioita liian korkealla tasolla, eikä oppimista tapahdu laisinkaan.

6.6 SFS 6002 -kurssin vaikuttavuuden arviointi Luksiassa

Opettajälähtöisessä kurssissa oli kaksi opiskelijaa, jotka eivät läpäisseet koko loppukoetta. Aktivoivan opetuksen ryhmässä kaikki saivat molemmat osiot hyväksytysti läpi. Erot ryhmien välillä olivat suhteellisen pieniä.

Kurssien osioiden keskiarvot on esitetty taulukossa 2

Taulukko 2. SFS 6002 -kurssin loppukokeen keskiarvot eri pedagogisilla malleilla.

	Sähkön vaaratekijät ja organisaatio	Tekniikka, välineet ja työskentely
Opettajälähtöinen opetus	75,89	67,56
Aktivoiva opetus	71,78	71,76

Kokonaiskeskihajonta oli sähkön vaaratekijät ja organisaatio -osiossa 9,46 ja tekniikka, välineet ja työskentely -osiossa 10,05. Vaikuttavuuden arvioimiseksi käytettiin efektikoon laskemista. Laskenta tehtiin vertaamalla aktivoivaa opetusta opettajälähtöiseen opetukseen. Sähkön vaaratekijät ja organisaatio -osiossa efektikoko oli -0,43. Se tarkoittaa, että

aktivoivan opetuksen ryhmä on pärjännyt 0,43 keskihajontaa huonommin, kuin opettajalähtöisen kurssin oppilaat. Tekniikka, välineet ja työskentely -osiossa efektikoko oli 0,41. Tässä osiossa aktivoivan opetuksen ryhmä pärjäsi paremmin. Efekti on molemmissa keskinäinen. Kurssien tulokset tarkemmin liitteessä 1.

Kokonaisuutta verratessa aktivoivan opetuksen ryhmä menestyi paremmin. Kuitenkin se menestyi sähkö- ja organisaatio- osiossa huonommin. Tuloksiin voisi vaikuttaa teoriaopiskelun tavat, aktivoivassa opetuksessa vastuu oli enemmän opiskelijoilla, kun taas opettajalähtöisessä opetuksessa opettaja luennoi ja selkeytti asioita opiskelijoille. Aktivoivan opetuksen kurssin alussa havaittiin opiskelijoiden vaikeudet päästä uudenlaisen opetustavan sisään ja muuttaa omaa rooliaan normaalia aktiivisemmaksi.

Tulosten merkittävyyttä pienentää otoksen pieni koko ja menetelmän taipumus kasvattaa efektikokoa ryhmän pienentyessä. Luotettavuus parantuisi otoskoko kasvattamalla. Mielestäni tämän kokeilun perusteella ei voi tehdä päätelmiä kummankaan pedagogisen menetelmän paremmuudesta.

7 Toiminta hybridi- ja sähköautojen kanssa kaupallisilla korjaamoilla

7.1 Puolistrukturoidut haastattelut

Tutkimuskysymyksenä oli ”Miten varmistetaan työturvallisuus työsalissa, kun sähkö- ja hybridautot lisääntyvät tulevaisuudessa?” Sen selvittämiseksi, miten kaupalliset korjaamot toimivat sähkö- ja -hybridautojen kanssa, käytiin muutamalla korjaamolla selvittämässä, millaisia työtapoja ja välineitä niillä on käytössä. Tutkimus oli tältä osin kvalitatiivinen.

Tiedon keruun menetelmäksi korjaamoilta valitsin haastattelun, joka on yksi kvalitatiivisen tutkimuksen päämenetelmiä [Hirsjärvi ym. 1997: 205]. Etuna haastattelussa on se, että se mahdollistaa tiedon syventämisen tarpeen mukaan lisäkysymysten asettelulla [Hirsjärvi & Hurme. 2004: 35]. Haastattelu tuottaa myös tietoa käytännön esimerkkien muodossa, joka oli tärkeää aiheen vuoksi, kun arvioidaan mahdollisesti eteen tulevia

ongelmia Luksian koulutuskorjaamolla. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina. Puolistrukturoidussa menetelmässä kysymykset ovat haastateltaville samat, mutta vastaukseen annettujen vaihtoehtojen sijaan haastateltava saa vastata omin sanoin. Kysymysten muotoa ja järjestystä voi vaihdella vapaasti. [Hirsjärvi & Hurme. 2004: 47.] Haastateltaville esitettiin samat kysymykset ja ne tallennettiin. Haastattelukysymysrunko on liitteessä 2.

Haastateltavien valinnassa lähtökohtana oli, että saataisiin tietoa niin merkki- kuin monimerkkikorjaamoilta. Monimerkkikorjaamoita kartoittaessa oli vaikeaa löytää haastateltavia. Käydessäni läpi pääkaupunkiseudun sähkö- ja hybridiautojen huoltoja mainostavia monimerkkikorjaamoita, kävi ilmi, ettei varsinaista kokemusta kuitenkaan ollut monellaakaan, ja siksi useimmat kieltäytyivät haastattelusta.

7.2 Haastattelun kysymykset

Haastattelun runkona käytettiin kahdeksaa kysymystä, joita tarkennettiin ja syvennettiin tarvittaessa. Vastausten perusteella voidaan puntaroida Luksian tämän hetkisiä valmiuksia toimia vastuullisesti sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa.

Ensimmäinen kysymys koski koulutusta, eli kysyttiin, mitä sähkö- ja hybridiajoneuvoihin liittyviä koulutuksia henkilöstö on käynyt. Tällä kysymyksellä yritettiin muodostaa käsitystä henkilöstön ja erityisesti jännitetyötä tekevien asentajien koulutusta.

Toisessa kysymyksissä kartoitettiin sitä, millaisia töitä yritys tekee näiden ajoneuvojen parissa. Tällä kysymyksellä yritettiin kartoittaa sitä, minkä tyyppisiä töitä ko. korjaamolla voidaan tehdä sähkö- ja hybridiajoneuvoihin ja mitä työt tyypillisesti ovat.

Kolmas kysymys koski toimintatapoja sähkö- ja hybridiajoneuvojen kanssa: onko jotain poikkeavaa verrattuna perinteisiin ajoneuvoihin verrattuna.

Neljäs kysymys koski töiden valintaa ja sitä, onko jotain töitä, joita korjaamo ei tee. Tällä kysymyksellä haluttiin selvittää, onko korjaamo mahdollisesti rajannut tekemistään jotenkin ja mitkä ovat syyt siihen.

Viides ja kuudes kysymys koskivat korjaus- ja huolto-ohjeiden hankintaa: mistä ohjeet saadaan ja kuinka paljon varsinaista huoltoa aikaisemmin ohjeita hankitaan ja niihin perehdytään.

Seisemäs ja kahdeksas kysymys koskivat erikoistyökaluja ja muita sähkö- ja hybridiajoneuvoihin liittyviä hankintoja. Näillä kysymyksillä kartoitettiin sitä, millaisia hankintoja on jouduttu tekemään ja sisältyikö niihin jotain merkittävän kallista.

7.3 Auto-Kehä Oy

Opinnäytetyötä varten käytiin tutustumassa myös Auto-Kehä Oy:n korjaamon toimintaan Karkkilan toimipisteessä, jossa haastatteluihin vastasi korjaamopäällikkö Jouni Saarni. Auto-Kehän merkkiedustuksiin kuuluu Nissan, Mitsubishi, Kia ja Peugeot. Näillä jokaisella edustetulla merkillä on markkinoilla hybridi- tai sähköautomalleja, joita korjaamo huoltaa ja korjaa.

Korjaamohenkilökunnan koulutukseen kuuluu SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutus. Sen lisäksi korjaamolla on jokaiseen edustettuna olevaan automerkkiin omat erikoistuneet mekaanikkonsa. Kian osalta koulutukset olivat vielä kesken haastattelun ajankohdalla. Huoltojen lisäksi korjaamolla on tehty mm. korkeajännite puolen laturin vaihto, akun lämmittimien vaihtoja.

Kaikki mekaanikot voivat huoltaa hybridi- ja sähköautoja, mutta korjauksia korkeajännitepiiriin tekevät vain merkkikoulutusta saaneet mekaanikot. Erillistä tilaa ko. ajoneuvojen korjauksiin ei ole, vaan työskentelyalue merkitään tarvittaessa lippusiimalla. Mikäli mitauksia ajoneuvoon tehdään, ne merkitään työmääräimeen. Erillistä lomaketta ei ole.

Korjaamo on kieltäytynyt jännitetyön tekemisestä silloin, kun kyseessä on ollut automerkki, johon ei ole ollut riittävää osaamista tai oikeita työkaluja. Akuston sisäisiä töitä ei korjaamolla tehdä, vaan ne ohjataan maahantuojiin pisteisiin, joissa on siihen osaaminen.

Korjausohjeet saadaan suoraan valmistajien palveluista. Ne ovat Peugeotin Peugeot Service Box, Nissanin B2B-portaali ja Kia Hotline. Mitsubishilla ohjeet löytyvät muista merkeistä poiketen testeristä. Tarvittaviin ohjeisiin voidaan tutustua etukäteen ennen

tehtäviä toimenpiteitä, mutta tärkeää on, että korjausohje luetaan verkosta vasta korjaus-
hetkellä. Ohjeiden tulostaminen on kielletty, koska ohjeiden versio on saattanut vaihtua
tulostuksen jälkeen. Huomioitavaa on myös, että autojen sähkökytkennät saattavat vaih-
della riippuen tuotantohetkestä.

Korjaamon ollessa merkkikorjaamo, käytettävät testerit ovat autonvalmistajan omia lait-
teita. Erikoistyökaluja on kullekin merkille sekä yleisiä, että mallikohtaisia. Näitä ovat mm.
eristysvastusmittarit, suojarajat johtimille, akkunosturit yms.

7.4 e-Expert-korjaamot

Kävin tutustumassa e-Expert-osaamiskonseptissa mukana olevaan C & G Service Oy:n
Kirkkonummella. Konsepti on Örumin ja sen tytäryhtiön Diagno Finlandin kehittämä, ja
sen tarkoituksena on vahvistaa merkkiriippumattomien korjaamoiden osaamista sähkö-
ja hybridiajoneuvojen parissa. Diagno antaa konseptin korjaamoille koulutusta, tukea ja
ohjeita.

C & G Service Oy on riippumaton monimerkkikorjaamo, ja sen toiminta vastaa siltä osin
ammattiopistomme korjaamoa. Kartoittaessa sähkö- ja hybridiautojen huolto- ja korjauk-
sia tekeviä korjaamoita pääkaupunkiseudulla, huomasin monen yrittäjän pitävän C & G
Serviceä tämän osaamisen edelläkävijänä. Haastatteluun vastasi korjaamoyrittäjää Caj
Grönlund. Korjaamolla on yksi sähkö- ja hybridiajoneuvoihin erikoistunut mekaanikko.

Koulutukset yrityksellä tulevat tällä hetkellä ainoastaan Örumin ja Diagon kautta. Mui-
takin koulutuskanavia on tarjolla, mutta lisäkoulutukselle ei ole nähty tarvetta. Koko hen-
kilökunta työnjohtoa myöden on saanut SFS 6002 -koulutuksen.

Korjaamolla tehdyistä töistä sähkö- ja hybridiautoille päällimmäisenä keskustelussa
esille nousee Opel Ampera, jonka parissa korjaamo on tehnyt paljon töitä. Nämä työt
ovat olleet pääasiassa määräaikaishuoltoja ja jarrutöitä. Korjaustöitä on tarvinnut tehdä
aika vähän ja silloinkin polttomoottoripuolella. Syitä tähän voi olla vähävikaisuus tai se
että korjaustyöt ehkä teetetään maahantuojien korjaamoilla. Grönlund arvelee, että ai-
nakin akustopuolen työt teetetään vielä toistaiseksi pääasiassa merkkiliikkeissä pitkien
takuiden ja mahdollisten GW:n vuoksi. Akuston sisäisiä töitä ei korjaamolla tehdä.

Korjaamon toiminta sähkö- tai hybridiajoneuvojen kanssa ei juuri poikkea perinteisillä polttomoottoreilla varustettujen autoihin verrattuna. Korkeajännitepuolen töissä auto eristetään lippusiimalla, mutta ne hetket ovat olleet harvassa. Konseptin korjaamoissa kaikista sähkö- ja hybridiajoneuvoista täytetään tarkastuslomake, jossa on tietoa akun kunnosta ja sähköturvallisuudesta. Lomake tuo lisäarvoa asiakkaalle. Töiden suunnittelu sähkö- ja hybridiautojen suhteen ei myöskään poikkea muista ajoneuvoista.

Haasteista puhuttaessa tuli ilmi Tesla, jonka huoltotöissä korjaamo on törmännyt testerien yhteensopivuusongelmiin. Esimerkiksi jarrutöissä tarvittavia testerillä tehtäviä toimenpiteitä ei ole pystytty tekemään.

Korjaus- ja huolto-ohjeita korjaamolla haetaan, Alldatasta, Autodatasta, KTS Esi Tronic:sta sekä Diagonlta. Maahantuojien infoportaaleja on käytetty Opelien osalta.

Korjaamon käytössä olevat testerit ovat Bosch KTS, G-Scan, Autologic, VCDS ja PassThru laitteena Actia.

Hankittuja välineitä ovat suojarusteet, lippusiimat, varoituskyltit ja eristysvastusmittari. PassThru testerin hankinta on tullut eteen hybridiautojen myötä, mutta se on tarpeen muissakin ajoneuvoissa. Kevennin akustojen irrottamiseen on todennäköinen tulevaisuuden hankinta.

7.5 Ajatuksia haastatteluista

Haastattelu antoi kuvaa näiden korjaamoiden toiminnasta, välineistä, informaatiokanavista ja henkilöstön koulutuksesta. Haastattelusta jäi päällimmäisenä mieleen merkkikorjaamoiden merkkikohtaiset koulutukset ja siinä ympäristössä ajantasaisten ohjeiden saatavuus ja tärkeys. Merkkikorjaamolla on käytössä merkkikohtaiset työvälineet, joten soveltamiselle ei ole tarvetta ja ohjeita on siinä mielessä helppo noudattaa. Auto-Kehällä oltiin myös törmätty akkuvikaiseen ajoneuvoon, jossa vika havaittiin jännitteettömäksi tehtäessä.

E-Expert-konseptissa mielestäni tärkeää osuutta näyttelee ajantasainen koulutus ja Diagonon antama tuki. Ohjeita jopa tuotetaan Diagonon toimesta, jos niitä ei ole maahan-tuojien kautta saatavilla. Laitteistopuolella ei merkittävän isoja hankintoja ollut jouduttu tekemään.

8 Toimintamalli koulutuskorjaamolle

8.1 Aivoriihi opetus- ja ohjaushenkilöstön kanssa

Yksi työn tavoite oli luoda koulutuskorjaamolle uusi toimintamalli hybridi- ja sähköautojen kanssa toimimiseen. Tarkoituksena oli, että koko henkilökunta osallistuu asian pohtimiseen ja vaihtoehtojen läpi käymiseen. Yhdessä asioista päättäminen sitouttaa henkilöstöä paremmin.

Pidimme palaverin Luksian autoalan henkilöstön kanssa huhtikuussa. Paikalla oli koulutuspäällikkö, opettajat, erikoisammattimiehet ja ammatilliset ohjaajat. Pohjustin tilaisuutta käymällä läpi lainsäädäntöä sekä valmistajien vaatimuksia ja koulutusmalleja henkilöstölleen. Toin myös esille autoalan opetussuunnitelman uudistuksen 1.8.2022, joka saattaa mahdollisesti lisätä sähkö- ja hybridiajoneuvoihin liittyvää opetusta ainakin teoriapuolella.

Pohdimme yhdessä, mitä vaihtoehtoisia toimintamalleja koulutuskorjaamolle on olemassa. Huollettaisiinko ja korjattaisiinko edelleen kaikkia automerkkejä ja -malleja myös sähköisillä voimalinjoilla, vai tulisiko keskittyä vain muutamaankin merkkiin? Keskustelussa sivuttiin myös opiskelijoiden valmiuksia ja perustutkinnon opetussuunnitelman tavoitteita.

Keskustelussa esille tuli myös henkilöstön vähäinen koulutus sähkö- ja hybridiajoneuvoihin. Koulutukset rajoittuivat pitkälti SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutukseen ja taloon hankittujen sähköauton ja hybridauton tuotekoulutuksiin. Kaikilla ei ollut edes SFS 6002 -koulutus voimassa. Lohjan erikoisammattihenkilö oli työskennellyt aiemmin Volvon parissa NICA-sähköautomekaanikkona sekä sähkötoiden johtajana ja täten saanut myös paljon Volvon mallikohtaista koulutusta. Tämän hyödyntämisen todettiin olevan tärkeää.

Palaverissä todettiin yhteisesti, ettei henkilöstön yleinen koulutustilanne tällä hetkellä ole sellainen, että koulutuskorjaamolla voitaisiin huoltaa sähköisillä voimalinjoilla varustettuja automerkkejä ja -malleja valmistajien edellyttämällä tavalla.

Todettiin, että olisi paras keskittyä muutamaankin eri automerkkiin, joiden koulutuksiin henkilöstö osallistuu ja keskittyy. Luonnollisesti sähkö- ja hybridiajoneuvojen huoltotoiminta tulee keskittymään näihin merkkeihin, joihin koulutaudutaan. Merkkejä voisi olla neljä tai viisi ja henkilökunnan koulutukset jaetaan keskittymään niihin.

Sovittiin myös, että henkilöstön työelämäjaksot, joissa ollaan esimerkiksi viikko korjaamolla töissä, tullaan kohdistamaan sähkö- ja hybridiajoneuvojen parissa työskentelyyn. Täten henkilökunta saa kokemusta myös sitä kautta.

8.2 Toimintaohjeen laadinta

Toimintaohje laadittiin koskien sähkö- ja hybridiajoneuvojen huolto- ja korjaustöitä, jotka eivät vaadi ajoneuvon jännitteettömäksi tekemistä. Mikäli ajoneuvo täytyisi tehdä jännitteettömäksi, täytyy siihen tehdä tapauskohtainen suunnitelma ja opettajan täytyy vastata toimenpiteestä itse.

8.2.1 Töiden varauksessa huomioitavat asiat

Koulutuskorjaamon käytäntönä on, että asiakastyöt varataan sähköiseen varauskalenteriin nosturikohtaisesti. Tarvittavat huolto- tai varaosat tilataan ennakkoon muutamaa päivää aikaisemmin. Töiden varaus, hinnoittelu ja laskutus sekä varastohallinta hoidetaan tällä hetkellä Autofutur-ohjelmistolla. Jokainen korjaamolla käyvä ajoneuvo perustetaan Autofuturin tietokantaan, käyttäen ohjelmassa olevaa Trafi-kyselyä. Tämä palvelu hakee ajantasaiset tiedot ajoneuvon omistajista ja haltijoista sekä ajoneuvon teknisistä tiedoista Trafian tietokannasta. Jos kyseessä on täyssähköajoneuvo, siirtyy tieto siitä ajoneuvon moottorityyppi kohtaan. Hybridiajoneuvon kohdalla siirtyy kannasta Autofuturiin vain ajoneuvon polttomoottorin käyttövoima, esimerkiksi bensiini tai dieselöljy, mutta ei tieto hybridikäytöstä. Töitä varatessa tulee siis varmistaa ajoneuvon käyttövoima muilla

keinoin. Se voi tapahtua joko asiakkaalta kysymällä tai tarkistamalla ajoneuvon tiedot esimerkiksi Autodatasta.

Jos varausvaiheessa todetaan ajoneuvon olevan sähkö- tai hybridivoimalinjalla varustettu, voidaan lähteä selvittämään, onko työn tekemiseen edellytyksiä. Onko henkilökunnalla työhön tarvittavaa koulutus, entä löytyykö tarvittavat välineet ja ohjeet? Vastuu tästä on opettajilla.

Samalla tulisi varmistaa, että mikäli työ tehdään, että sen ajankohtana työsalissa olevan ryhmän kaikki opiskelijat ovat suorittaneet SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutuksen hyväksytysti.

8.2.2 Työnvastaanotossa huomioitavat asiat

Töiden vastaanotossa työskentelee joko ammatillinen ohjaaja tai erikoisammattihenkilö yhdessä muutaman opiskelijan kanssa. Asiakas otetaan vastaan ja hänen kanssaan käydään läpi työmääräys tilattuine töineen ja sovitaan aikataulusta.

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen työmääräykseen nimetään työstä vastaava henkilö. Lisäksi mahdollisesti tarvittavat mallikohtaiset ohjeet tulisi liittää työmääräyksen liitteeksi tai kirjata ylös mistä ne voi lukea.

8.2.3 Työsalissa huomioitavat asiat

Ajoneuvon kanssa työskentelevien opiskelijoiden kanssa tulee kerrata SFS 6002 -sähköturvallisuuskurssin sisältöä sähköön vaaratekijöistä, tekniikasta, välineistä ja työskentelystä. Opiskelijoille tulee antaa kyseiseen ajoneuvomalliin myös tuotekoulutusta, jossa käydään läpi työnkohteena olevan ajoneuvon käyttöön ja huoltamiseen liittyviä asioita. Tämä osuus on paras tehdä hyvissä ajoin ja siihen kannattaa varata riittävästi aikaa. Aika riippuu opiskelijan taitotasosta ja kyvyistä sisäistää asioita.

Ennen työn aloitusta opiskelijoiden kanssa, ajoneuvo tulee tarkastaa henkilökunnan toimesta ja todeta turvalliseksi. Ajoneuvossa voi olla vaurioita ja kolhuja, jotka voivat vaikuttaa sähköturvallisuuteen. Muita tarkastettavia asioita ovat johtimien kiinnitykset koriin

ja sähköosien suojiin ja kansien paikoillaan olo. Tulee myös todeta, että sähköjärjestelmän vikavalvoja ei pala. Mikäli vaurioita tai puutteita on, täytyy henkilökunnan arvioida niiden aiheuttamat mahdolliset riskit ja tarvittaessa peruuttaa tilattu työ.

Koko korjaamalla työskentelevää opiskelijaryhmää pitäisi tiedottaa korjaamalla olevasta sähkö- tai hybridiajoneuvosta, sekä samalla painottaa sitä, että vain työhön valitut opiskelijat työskentelevät ajoneuvon parissa. Kaikkia opiskelijoita tulisi myös muistuttaa pelastusvälineiden sijainnista sähkötapaturman varalta.

Opiskelijat täytyy opettaa käyttämään ohjeiden hakuun tarvittavia ohjelmia. Henkilökunnan on kuitenkin varmistettava, että ohje on haettu valmistenumeraalla ja sopii ajoneuvoon. Ohjeiden ymmärtäminen pitää myös varmistaa. Kun ajoneuvo on nosturille, pitää opiskelijoiden kanssa käydä läpi korkeajännitekomponenttien tunnistaminen ja sijainti.

Työn aikaisessa valvonnassa on muistettava turvallisuusnäkökulma, jonka vuoksi valvontaa ja ohjausta tarvitaan normaalia enemmän. Tarvittaessa työ kannattaa pilkkoa ja jaksottaa pienempiin kokonaisuuksiin, jossa työn eteneminen on opetushenkilöstön hallinnassa, eivätkä opiskelijat työskentele itsenäisesti.

Huoltotöiden lopuksi ajoneuvo tulee tarkastaa henkilökunnan toimesta kuten muutkin ajoneuvot, mutta lisäksi pitää ajoneuvosta käydä läpi myös sähköturvallisuuteen liittyvät asiat.

9 Pohdinta

Ammattiopisto on turvallisuuden suhteen haastava ympäristö jo ilman sähkö- ja hybridiajoneuvojakin. Tärkeää on opiskelijoiden, henkilökunnan ja auton omistajan turvallisuus. Vaikka normaalista korjaamosta voi ottaa mallia, joudutaan toimintamallit miettimään turvallisuuden kannalta normaalia tiukemmiksi. Opiskelija voi tehdä jotain arvaamatonta, johon kukaan ei ole varautunut.

Sähkö- ja hybridiajoneuvojen määräaikaishuoltojen suorittaminen turvallisesti ammattiopiston koulutuskorjaamolla on mahdollista, jos kyseiseen automalliin on saatu koulutus ja kaikilla korjaamolla toimivilla henkilöillä on sähköturvallisuuskoulutus käytyä. Lisäksi prosessi kannattaa miettiä tarkkaan etukäteen, koska kaikkien seikkojen huomioon ottaminen vaatii ajankäytön uudelleensuunnittelua. Henkilökunnan koulutukset tulevat entistä tarpeellisimmiksi ja töiden suunnittelusta valmisteluineen tulee entistä tärkeämpää. Mallikohtainen osaaminen korostuu, eikä soveltamiselle jää juurikaan sijaa. Pitää ymmärtää, että näiden asioiden harjoittelu ei voi tapahtua opetustilanteessa. Oppilaitosympäristössä onkin hyvä pohtia, onko vähimmäisvaatimukset riittävä taso opetushenkilöstön osaamistasoksi.

Vaikkakaan jännitteettömäksi tekeminen ei kuulu SFS 6002 -koulutukseen eikä perustutkinnon opetussuunnitelmaan, se voi sisältyä ajoneuvon määräaikaishuoltoon. Jännitteettömäksi tekeminen eristysvastusmittauksineen voi olla liian haastavaa opetustilanteessa nykyisin opetusmenetelmin, vaikka tarvittavat koulutukset olisivatkin käytyä. Siksi oppilaitosympäristössä pitää miettiä hyötyjen suhdetta mahdollisiin riskeihin.

SFS 6002 -sähköturvallisuuskoulutuksesta onnistuttiin poistamaan muistipelityyppinen harjoittelu jättämällä oppimisalustan harjoitustehtävien tekeminen pois. Kokeiltujen pedagogisien mallien välillä ei huomattu suurta eroa, mutta kokeilusta opittiin muuten paljon. Molemmissa pedagogisissa malleissa huomattiin, kuinka tärkeää on käytännön harjoittelu, jossa teoriassa opeteltuja asioita liitettiin käytäntöön.

Aktivoiva opetus oli opiskelijoille aluksi vieras opetuksen tapa, mutta mikäli sitä käytettäisiin enemmän, se voisi tehostaa oppimista muuttaessaan opiskelijoiden roolia aktiivisemmaksi. Kun opiskelijoita aktivoidaan, haasteena on mahdolliset oppimisvaikeudet ja itseohjautuvuuden korostuminen. Se ei siis sovi kaikille. Pedagogisen mallin valitseminen on opettajan harkinnassa oleva asia, joka valitsemisessa täytyy huomioida opetettavan ryhmän taso ja kyvyt omaksua asioita.

Kokeilussa tuli myös ilmi, että vaikka itseopiskelukin on mahdollista, ei opiskelua kannata jättää pelkästään sen varaan. Opiskelijat tarvitsevat lisäksi ohjausta, asioiden selvittämistä ja käytännön esimerkkejä. Etenkin turvallisuuteen liittyvissä aiheissa tulisikin kiinnittää enemmän huomiota siihen, että oppimista tapahtuu. Monesti opiskelijoille riittää

kokeen läpipääsy eikä opiskeltuja asioita välttämättä sisäistetä. Siitä kertoo myös se seikka, että koulutuskorjaamolla joudutaan usein muistuttamaan esimerkiksi henkilösuojaimien käytöstä.

Lähteet

Autoalan perustutkinto. 2019. Verkkoaineisto. Opetushallitus. <<https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/esitys/3397336/reformi/tutkinnonosat/3440365>>. Luettu 5.5.2021.

Bernstein, Theodore. 1989. Investigation of Alleged Appliance Electrocutions and Fires Caused by Internally Generated Voltages. Teoksessa IEEE Transactions On Industry Applications, vol. 25, no. 4, 1989. IEEE.

Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics: Systems and Components, Networking and Hybrid Drive. 2007. 5th edition. Plochingen: Robert Bosch GmbH.

Doe Handbook Electrical Safety. 2009. Verkkoaineisto. U.S. Department of Energy AREA SAFT Washington. <https://www.lanl.gov/safety/electrical/docs/09_doe_electrical_safety_handbook_rd.pdf>. Luettu 1.2.2021.

Ensirekisteröityjen ajoneuvojen tilastot. 2018. Verkkoaineisto. Päivitetty 2021. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ensirekisteroityjen-ajoneuvojen-tilastot>>. Luettu 22.2.2021.

Hattie, J. 2009. Visible learning – a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. Verkkoaineisto. Routledge, London. <https://apprendre.auf.org/wp-content/opera/13-BF-References-et-biblio-RPT-2014/Visible%20Learning_A%20synthesis%20or%20over%20800%20Meta-analyses%20Relating%20to%20Achievement_Hattie%20J%202009%20...pdf>. Luettu 20.3.2021.

Hirsjärvi, Sirkka & Hurme, Helena. 2004. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Hirsjärvi, Sirkka; Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula. 1997. Tutki ja Kirjoita. 21. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hybrid and Electric Vehicle Solutions Guide. 2013. Verkkoaineisto. Texas Instruments. <<https://www.thierry-lequeue.fr/data/SZZA058C.pdf>>. Luettu 26.4.2021.

Hybrid vehicle measurement safety basics: Taking high-voltage readings. 2021. Verkkoaineisto. Fluke Corporation. <<https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/automotive/hybrid-vehicle-measurement-safety-basics-taking-high-voltage-readings>>. Luettu 22.2.2021.

Juhala, Matti; Lehtinen, Arto; Suominen Matti & Tammi, Kari. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8., uudistettu painos. Jyväskylä: Autoalan Koulutuskeskus Oy.

Kainulainen, Jari; Mäkelä Raimo; Ollila, Heli & Vainio, Erkki. 2016. Sähkötekniikka ja elektroniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

- Kroesbergen, Evelyn; Van Luit, J.E.H. 2003. Mathematics Interventions for Children with Special Educational Needs: A Meta-Analysis. Verkkoaineisto. Researchgate. <https://www.researchgate.net/publication/46641659_Mathematics_Interventions_for_Children_with_Special_Educational_Needs_A_Meta-Analysis>. Luettu 6.5.2021.
- Käyttöoikeusehdot Autoalan sähköturvallisuus SFS 6002 loppukoe. 2019. Verkkoaineisto. Autoalan Keskusliitto. <https://akl.fi/wp-content/uploads/2019/04/KAYTTOOIKEUSEHDOT_-_Autoalan_sahkoturvallisuus_SFS6002_loppukoe.pdf>. Luettu 25.2.2021.
- Lammi, Antero & Hatakka Mika. 2015. GDE-keittokirja: opas oppilaiden aktivointiin. Helsinki: Opetustarvike.
- Linja-Aho, Vesa. 2012. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähköturvallisuus. 2. painos. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- Lonka, Kirsti & Lonka, Irma. 1991. Aktivoiva opetus: käsikirja aikuisten ja nuorten opettajille. Tampere: Kirjayhtymä.
- Mäkinen, Markku. 2003. Sähkötekniikan perusoppi 1. Helsinki: Otava.
- Mäkinen, Pertti; Rousku, Henrik. 2018. SFS 6002 käytännössä. 32., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Nicoletti, Lorenzo; Ostermann, Franziska; Heinrich, Maximilian; Stauber, Alois; Lin, Xue & Lienkamp, Markus. 2020. Topology analysis of electric vehicles, with a focus on the traction battery. Verkkoaineisto. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10010-020-00422-1>>. Luettu 24.2.2021.
- Niemi, Hannele; Multisilta Jari. 2014. Rajaton luokkahuone. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Norrena, Juho. 2019. Oman oppimisen kapteeni. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Ronkainen, Kari. Koulutuspäällikkö, Toyota Ammattioppilaitos. Jännitetyöt. Sähköpostiviesti. 23.4.2021.
- Safety Norms for working on High Voltage Electric Vehicles. 2020. Verkkoaineisto. EV-reporter. <<https://evreporter.com/high-voltage-electric-vehicles/>>. Luettu 26.4.2021
- Saloviita, Timo. 2013. Luokka haltuun: Parhaat keinot toimivaan opetukseen. Jyväskylä: PS-kustannus.
- SFS 6002. 2015. Standardi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sähköturvallisuuslaki. 2016. 16.12.2016/1135.

Työturvallisuuslaki. 2002. 23.08.2002/738.

Vaikuttavuustekijöitä. Verkkoaineisto. Thinkmath. <<https://blogs.helsinki.fi/thinkmath/tietopalvelu/interventio/interventiotutkimus/vaikuttavuustekijoita/>>. Luettu 6.5.2021.

Voltage Classes for Electric Mobility. 2013. Verkkoaineisto. German Electrical and Electronic Manufacturers Association Centre of Excellence Electric Mobility. < [Voltage_Classes_for_Electric_Mobility.pdf](#) (zvei.org)>. Luettu 21.2.2021.

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 100. 2015. Uniform provisions concerning the approval of battery electric vehicles with regard to specific requirements for the construction, functional safety and hydrogen emission (revision 2).

2022 Hyundai IONIQ 5 Standard Range 2WD - Specifications. 2021. Verkkoaineisto. Evspecifications. <<https://www.evspecifications.com/en/model/208213d>>. Luettu 25.2.2021.

SFS 6002 -sähköturvallisuuskurssin kokeiden tulokset

Opettajalähtöinen opetus	Sähkön vaaratekijät ja organisaatio	Tekniikka, välineet ja työskentely
opiskelija 1	74	54
opiskelija 2	86	92
opiskelija 3	72	65
opiskelija 4	70	70
opiskelija 5	56	61
opiskelija 6	80	64
opiskelija 7	76	68
opiskelija 8	86	71
opiskelija 9	83	63
Keskiarvo	75,89	67,56

Aktivoivaopetus	Vaaratekijät	Tekniikka
opiskelija 10	61	74
opiskelija 11	86	62
opiskelija 12	73	61
opiskelija 13	74	86
opiskelija 14	63	76
opiskelija 15	66	64
opiskelija 16	76	62
opiskelija 17	62	84
opiskelija 18	85	76
Keskiarvo	71,78	71,67

Keskiahajonta

9,46

10,05

Haastattelukysymysrunko

1. Miten olette kouluttaneet henkilöstöänne sähkö- ja hybridautojen suhteen ja kenen toimesta?
2. Millaisia töitä yrityksenne tekee sähkö- ja hybridautoille?
3. Onko huoltoprosessissa jotain poikkeavaa käytäntöä polttomoottoriautoihin verrattuna?
4. Onko jotain merkkejä, joita ette huolla tai korjaa, jos niin miksi?
5. Mistä kanavista saatte korjausohjeita?
6. Kuinka paljon aikaisemmin ohjeet haetaan, ennen kuin auto otetaan työn alle?
7. Onko erikoistyökalujen saatavuus hyvä ja ovatko ne kalliita?
8. Millaisia muita isompia investointeja olette joutuneet tekemään sähkö- ja hybridautojen huoltotöiden mahdollistamiseksi?