

Timo Hämäläinen

Sähkö- ja hybridautojen perusteet autoalan perustutkinnossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörytyö

25.11.2014

Tekijä Otsikko	Timo Hämäläinen Sähkö- ja hybridautojen perusteet autoalan perustutkinnossa
Sivumäärä Aika	19 sivua + 1 liite 25.11.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho, Metropolia Koulutuspäällikkö Heikki Vettensaari, Hyria Koulutus Oy
<p>Työn tavoitteena oli toteuttaa sähkö- ja hybridautotekniikan peruskurssi sisällytettäväksi autoalan perustutkintoon. Vastaavaa kurssia ei vielä ole sisällytetty vuonna 2015 uudistuvaan valtakunnalliseen autoalan perustutkintoon. Kurssi tullaan tarjoamaan tutkintorakenteen muutoksen jälkeen paikallisena tutkinnon osana Hyria Koulutus Oy:n autoalan perustutkinnossa.</p> <p>Tärkeänä lähtökohtana pidettiin suunniteltavan koulutuksen työelämälähtöisyyttä ja siihen saatiin näkemystä Autoalan keskusliiton ja Opetushallituksen tekemistä tulevaisuus selvityksistä. Työelämäyhteistyö on myös Hyria Koulutus Oy:n keskeinen tavoite. Kurssin suorittanut opiskelija saa hyvät perustiedot sähkö- ja hybridautojen tekniikasta ja ympäristövaikutuksista sekä valmiudet jatkokoulutuksiin esimerkiksi maahantuojiin tyypikoulutuksissa.</p> <p>Työn tärkeimmät lopputulokset olivat Sähkö- ja hybridautojen perusteet kurssin sisällön suunnittelu ja opetusmateriaalin laatiminen. Opinnäytetyössä on kuvattu koulutuksen sisältö ja perustelut valituille aihealueille. Opetusmateriaali on varsinaisen lopputyön liite.</p> <p>Jo työn alussa tiedettiin, ettei kurssia voida toteuttaa ennen tutkintorakenteen muutosta. Opetusmateriaalia ja kurssiin käytettäviä resursseja muokataan saatavien kokemusten perusteella mutta kokonaisuutena tavoite saavutettiin hyvin.</p>	
Avainsanat	Sähköauto, Hybridauto, Autoalan perustutkinto, Sähköturvallisuus, Korkeajänniteakku

Author Title	Timo Hämäläinen Basics of Electric and Hybrid Vehicles in Vocational Secondary Education in Vehicle Technology
Number of Pages Date	19 pages + 1 appendix 25 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer, Metropolia Heikki Vettensaari, Education Manager, Hyria Koulutus Oy
<p>The objective of this final year project was to plan and produce a course Basics of Electric and Hybrid Vehicles to be included in vocational secondary education in vehicle technology. This kind of course is not yet included in the new requirements of the 2015 qualification of vocational education in vehicle technology. In the beginning this course will be available as a locally offered part in vehicle technology in Hyria Education.</p> <p>The main principle was to plan the course and its material to meet the requirements of the real working life as well as possible. Co-operation with commercial partners is an important value for Hyria Education. Demands for future education and needed skills are evaluated by the Finnish Central Organization for Motor Trades and Repairs and the Finnish National Board Of Education. Those evaluations were used as background information for this project.</p> <p>The student who participates in the planned course will get good basic skills in electric and hybrid car technology and its effects on environment and society. He or she will also have good background for further training.</p> <p>The main result of this study is the content of the course and tutorial material which is included as an attachment in this report. The course material will be tested and adjusted during the pilot courses but the main objective of this project was achieved very well.</p>	
Keywords	Electric vehicle, Hybrid vehicle, Vocational qualification in vehicle technology, electricity safety , High voltage battery

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite	1
1.2	Autoalan koulutuksen laadullinen ennakointi	1
1.3	Ammatillisen peruskoulutuksen uudistus	3
1.4	Hyria Koulutus Oy	5
2	Sähkö- ja hybridautojen perusteet	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Sähköinen liikenne	7
2.3	Sähkö- ja hybridautojen tekniikkaa	8
2.3.1	Sähkö- ja hybridautojen määritelmä	8
2.3.2	Voimansiirtotavat	9
2.3.3	Sähkö- ja hybridautojen keskeiset järjestelmät	10
2.3.4	Merkittävimmät erot polttomoottoriautoihin	12
3	Säädökset ja sähköturvallisuus	13
3.1.1	Säädökset ja pätevyudet	13
3.1.2	Sähkötyöturvallisuus	14
3.1.3	Autonvalmistajien ohjeet ja vaatimukset	14
4	Sähkö- ja hybridautot Suomessa	15
4.1	Sähköautojen määrä Suomessa	15
4.2	Tulevaisuuden näkymät	16
5	Yhteenveto	17
	Lähteet	18
	Liitteet	
	Liite 1. Koulutusmateriaali: Sähkö- ja hybridautojen perusteet (PDF 76 sivua)	

Lyhenteet

TUTKE 2	Opetushallituksen asettama projekti ammatillisen koulutuksen tutkintorakenteen kehittämiseksi
ECVET	European Credit system for Vocational Education & Training. Ammatillisen koulutuksen opintosuoritusten siirtojärjestelmä
EV	Electric Vehicle, täyssähköauto.
HEV	Hybrid Electric Vehicle, hybridauto
PHEV	Plug In Hybrid Electric Vehicle, ladattava hybridauto
BMS	Battery Management System, akunhallintajärjestelmä.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö (nykyisin TEM)

1 Johdanto

1.1 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on toteuttaa sähkö- ja hybridautotekniikan peruskurssi sisällytettäväksi autoalan perustutkintoon. Vuoden 2015 aikana uudistuvaan autoalan tutkintosisältöön on lisätty pakolliseksi sähkötyöturvallisuuskoulutus juuri sähkö- ja hybridautojen kasvavan volyyymiin ohjaamana. Varsinaista sähkö- ja hybridautojen kurssia ei kuitenkaan vielä uudessa tutkintosisällössä ole.

Koska suunniteltava kurssi ei vielä sisälly valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan, tavoitteena on tarjota sähkö- ja hybridautotekniikan kurssi aluksi paikallisena tutkinnon osana Hyria Koulutus Oy:n järjestämässä autoalan perustutkinnossa. Kurssin laajuus ja sisältö sovitetaan uuteen tutkintorakenteeseen.

Tämä opinnäytetyö muodostuu varsinaisesta opinnäytetyöstä ja sen liitteenä olevasta opetusmateriaalista (liite 1). Opetusmateriaali on itsenäinen kokonaisuus. Työn raportiosa sisältää työn taustan ja tavoitteet sekä lyhyet esittelyt oppimateriaaliin valituista aihealueista.

1.2 Autoalan koulutuksen laadullinen ennakointi

Autoalan tulevaisuudennäkymiä ovat selvittäneet sekä Autoalan Keskusliitto että Opetushallitus. Selvityksissä on ollut erilainen lähestymistapa, mutta saadut tulokset ovat kuitenkin yhteneviä kun asiaa tarkastellaan autoalalla tulevaisuudessa tarvittavan osaamisen kannalta.

Autoalan keskusliiton tulevaisuus selvityksessä [1] asiaa lähestyttiin erilaisten skenaarioiden analysoinnin kautta. Skenaarioiden taustalla oli muun muassa ihmisten tarpeiden ja käyttäytymisen muuttuminen, lainsäädännön muuttuminen sekä sukupolvien väliset arvoerot. Kuvassa 1 oleva kaavio kuvaa yhtä skenaarioissa käytettyä lähtöajatus.

Tunnistettuja toimintaympäristön muutosvoimia 1(5) Kulutuskäyttäytyminen

1 Teknologia vähentää liikkumistarvetta	Erityisesti viestintäteknologia ja sosiaalinen media vähentävät ihmisten tarvetta liikkua työssä ja vapaa-aikana	2 Kotitalouksien varallisuus kasvaa	Kotitalouksien varallisuus on keskimääräinen kaksinkertaistunut viimeisen 20 vuoden aikana	3 Epävarma talouskasvu lisää päätöksenteon vaihteluita	Kuluttajien luottamus talouteen vaihtelee voimakkaasti talouden epävarmuuden myötä
4 Merkituskollisuus polarisoituu	Merkituskollisten kuluttajaryhmien rinnalle tulee yhä enemmän niitä, joidle merkillä ei ole väliä	5 Web-palvelut muuttavat päätöksentekoa	Web helpottaa tiedon hankintaa ja valintaa, webin käyttö kulutus päätösten taustalla kasvaa jatkuvasti	6 Autoilun kokonaiskustannukset kasvavat	Nousupaineet tulevat energiahinnan ja verotuksen kautta. Teknologian kehityksen "samalla hinnalla saa enemmän"
7 Asiakkaiden keski-ikä kasvaa	Väestön ikääntyminen on Suomessa Euroopan nopeinta ja jatkuu voimakkaana seuraavat 20 vuotta	8 Omistamisen merkitys muuttuu	Tulevien sukupolvien arvostus omistamista kohtaan muuttuu, suhtautuminen omistamiseen polarisoituu	9 Ympäristötietoisuus lisää kritiikkiä yks. autoiluun	Kuluttajien ja poliitt. päättäjien lisääntyvä ympäristötietoisuus ohjaa kulutusta pois yksityisautoilusta / matalapäästöisempiin autoihin
10 Nuorison kiinnostus autoiluun muuttuu	Nuorison elämäntavat eivät ole yhtä riippuvaisia autoilusta kuin ennen, arvomaailma on muuttokassa	11 Erialaisten arvojen merkitys ostopäätöksessä kasvaa	Kuluttajien arvo-maailma moni-muotoistuu eikä heidän käyttötään ole helppo ennustaa, syntyy uusia segmenttejä		

Kuva 1. Autoalan tulevaisuuteen vaikuttavia muutosvoimia [1, s. 19].

Opetushallituksen selvitys [2] on laadittu enemmän työelämälähtöisesti. Selvitys on tehty laajaan kyselytutkimukseen pohjautuen ja siinä on koottu autoalan ammattilaisten näkemyksiä alan tulevaisuudesta. Kyselyllä haluttiin tuottaa ymmärrys tulevista osaamistarpeista, osaamisen painopisteiden muutoksista ja kokonaan uusista osaamisalueista ja -kombinaatioista.

Kyselyssä selvitettiin osaamistarpeita laajasti eri osa-alueilta, joista tekninen osaaminen oli yksi osa-alue. Kuvasta 2 näkyy myös muut selvitettyt osa-alueet sekä niistä tunnistetut osaamistarpeet. Teknisen osaamisen alueelta tunnistettiin selvästi tarpeet autosähkötekniikan sekä ICT:n ja mukavuuselektronikan osaamisen lisäämiseen. Toisaalta myös turvallisuusosaamisen alueella sähkötyöturvallisuus näkyi selvästi ja taustalla on sähkö- ja hybridi-autojen kasvava volyyymi.



Kuva 2. Autoalan osaamisen laadullinen ennakointi [2, s. 10].

Molempien selvitysten tuloksista voidaan päätellä, että autoala kokonaisuudessaan on suuressa murroksessa. Sekä ansaintalogiikka että tekniikka muuttuvat voimakkaasti ja se vaatii myös kokonaan uudenlaista osaamista alalla toimivilta ammattilaisilta. Pie-nenevät volyymit ja uudenlaiset kaupankäyntitavat vaativat sopeutusta autojen myyn-nin ja markkinoinnin alueella. Samaan aikaan uusien autojen huoltotarve vähenee ja toisaalta painottuu entistä enemmän sähkö- ja ICT -tekniikan alueelle. Tämä asettaa uusia vaatimuksia jälkimarkkinoinnille. Kokonaan oman haasteensa asettavat sähkö- ja hybridautojen kasvava volyymi sekä muut vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät ajo-neuvot. [1, s. 31-33; 2, s. 119-144.]

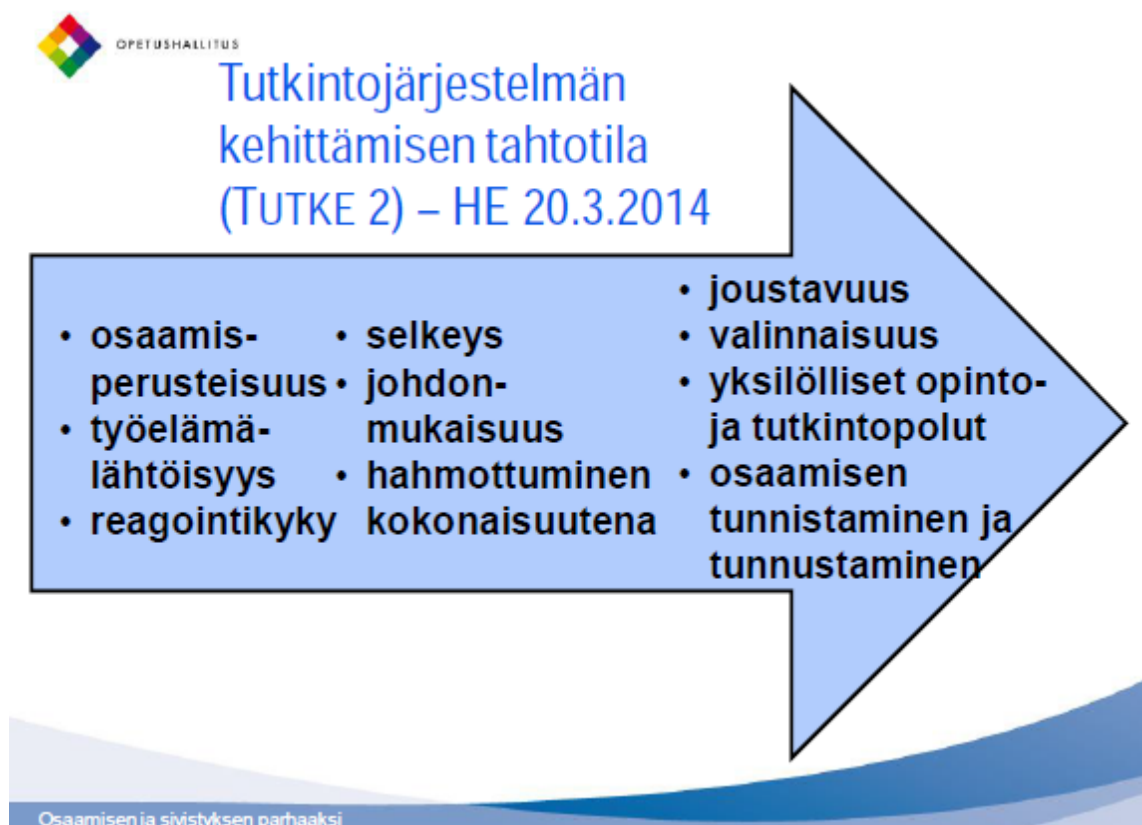
1.3 Ammatillisen peruskoulutuksen uudistus

Ammatillisesta peruskoulutuksesta säädetään laissa ammatillisesta peruskoulutuksesta [3]. Lain mukaan Opetushallitus määrää tutkinnon perusteissa tutkintonimikkeet, tutkin-non muodostumisen ja sisällön. Lisäksi opetushallitus määrää ammattitaitovaatimuk-set, osaamistavoitteet ja osaamisen arvioinnin. Ammatillinen koulutus voidaan suorittaa joko ammatillisena peruskoulutuksena tai näyttötutkintona. Keskeisenä tavoitteena

ammattillisessa peruskoulutuksessa on varmistaa koulutuksen vastaavuus työelämän tarpeisiin. Tämä edellyttää myös riittävää reagointikykyä elinkeinoelämässä tapahtuviin muutoksiin. [4, s. 8.]

Ammatillisen peruskoulutuksen uudistus on parhaillaan käynnissä ja pohjautuu Opetushallituksen TUTKE 2 -hankkeeseen. Hankkeen taustalla on myös eurooppalainen ECVET -järjestelmä (eurooppalainen opintasuoritusten siirtojärjestelmä), joka toimeenpannaan tutkintojärjestelmän muutoksen yhteydessä. Uusi tutkintomalli otetaan käyttöön 1.8.2015. Muutos koskee kaikkia opiskelijoita (uudet ja menossa olevat tutkinnot).

Muutoksen keskeinen tavoite on siirtyä aiempaa enemmän osaamisperusteiseen arviointiin sekä osaamisen tunnistamiseen ja tunnustamiseen. Myös valinnaisuuden lisääminen ja joustavuus esimerkiksi työelämän tarpeiden mukaan ovat tärkeitä tavoitteita. Osaamisen ja oppimisen arviointi erotetaan selkeämmin toisistaan [5, s. 8-10]. Kuva 3 kiteyttää uudistuksen tärkeimmät tavoitteet.



Kuva 3. TUTKE 2 hankkeen tärkeimmät tavoitteet [5, s. 1].

Uusiutuvassa tutkintorakenteessa pyritään siis mahdollistamaan aiempaa paremmin opintojen sovittaminen opiskelijan tietoihin ja taitoihin. Nykyisessä tutkintorakenteessa mittarina käytetyn opintoviikon kytkeä käytettyihin tuntimääriin muuttuu uudessa tutkinnossa osaamisen mittaamiseen työelämävaikutteisuuden mukaan eli osaamispisteisiin. Käytännössä siis kurssin tarjoaman osaamisen merkitys tulevassa työelämässä määrittää osaamispisteiden määrän eli painoarvon koko tutkinnossa. [5, s. 9–11.]

1.4 Hyria Koulutus Oy

Työn tilaajana on Hyria Koulutus Oy. Hyria Koulutus Oy tarjoaa ammatillista peruskoulutusta nuorille ja aikuisille pääasiassa Riihimäen ja Hyvinkään talousalueilla mutta myös valtakunnallisesti. Toimipisteitä on yhteensä 12 kappaletta.

Hyria koulutus Oy on Hyvinkään ja Riihimäen kaupunkien, Lopen ja Hausjärven kuntien sekä Hyvinkään-Riihimäen Seudun Ammattikoulusäätiön omistama yhtiö. Opiskelijoita on vuositasolla noin 10000 henkilöä ja henkilökunnan määrä on noin 450 henkilöä.

Hyria koulutus Oy tarjoaa koulutuksia seuraavilla osaamisalueilla:

- kulttuuriala
- luonnontieteiden ala
- luonnonvara- ja ympäristöala
- matkailu-, ravitsemus- ja talousala
- sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
- tekniikan ja liikenteen ala
- yhteiskuntatieteiden, liiketalouden- ja hallinnon-ala

Autoalan tutkinnot sisältyvät tekniikan ja liikenteen koulutusalaan ja autoalan perustutkintoa koulutetaan Riihimäen ja Hyvinkään toimipisteissä.

Hyria koulutus Oy:n missiona on tarjota yhteistyökumppaneidensa kanssa asiakkaiden ja sidosryhmien tarpeita vastaavaa koulutusta ja osallistua aktiivisena toimijana työelämän kehittämiseen. Tätä pidetään myös tässä koulutuksen suunnitteluhankkeessa ohjaavana tekijänä. [6.]

2 Sähkö- ja hybridautojen perusteet

2.1 Yleistä

Koulutuksen tavoite on antaa autoalan perustutkinnon opiskelijalle kokonaiskuva sähköisen autoilun taustoista, tekniikasta ja ympäristövaikutuksista sekä lainsäädännöstä ja työturvallisuudesta. Koulutuksen laajuus on suunniteltu siten, että se antaa pohjatiedot ja valmiudet osaamisen kehittämiseen sekä turvalliseen toimimiseen korkeajänniteakustoilla varustettujen autojen perustoimenpiteiden osalta.

Sähköisen autoilun historiaa tarkastelemalla voidaan ymmärtää syitä erilaisten tapahtumien taustalla. Miksi sähköinen autoilu on ollut aina kiinnostuksen kohteena ja mitkä seikat ovat jarruttaneet sen kehitystä. Aikaisemmin tehdyt ratkaisut ja valinnat vaikuttavat myös lähihistoriaan ja nykyhetkeen. Näiden vaikuttimien ymmärtäminen kurssin alussa auttaa opiskelijaa hahmottamaan kokonaisuuden helpommin.

Sähköisen liikenteen kehitys liittyy kiinteästi ympäristökysymyksiin. Autonvalmistajilla on öljyriippuvuuden lisäksi lainsäädännöllisiä paineita kehittää ympäristöystävällisempiä autoja. Sähkö- ja hybridautojen teknisten toteutusten lisäksi täytyy ymmärtää kuinka autoilun ympäristövaikutuksia mitataan ja miten mittausmenetelmät huomioivat sähkön käytön energianlähteenä.

Erityisesti autoalan perustutkinnon kannalta tärkeä kokonaisuus on sähkötyöturvallisuus. Kurssin loppuosassa käsitellään sähköturvallisuuteen liittyviä asioita erityisesti sähkö- ja hybridautojen näkökulmasta. Kurssin toteutukseen sisältyy myös sähkötyöturvallisuuskoulutus, joka järjestetään yhteistyössä sähköasentajakoulutuksen kanssa.

Otsikkojako tässä dokumentissa noudattaa liitteenä olevan koulutusmateriaalin rakennetta, ja kunkin otsikon alla on esittely aihealueesta sekä johdanto aihealueen valintaan. Kurssin varsinainen sisältö on koottu opetusmateriaaliin ja materiaalin teossa käytetyt lähteet on lueteltu erillisessä liitteessä, vaikka niihin ei varsinaisia viittauksia olekaan.

2.2 Sähköinen liikenne

Sähkön käyttö liikennevälineiden energialähteenä ei ole uusi keksintö. Ensimmäiset sähköautot on valmistettu jo 1800-luvun alkupuolella. Haasteena oli silloin akkujen ker-
takäyttöisyys, eli niitä ei voitu ladata. Ensimmäiset sarjatuotantoon päässeet sähköau-
tot valmistettiin 1800-luvun loppupuolella. Sähköauto sai jo 1900-luvun alussa nimityk-
sen ”tulevaisuuden kulkuneuvo”, ja vuonna 1920 liikenteessä oli useita satoja tuhansia
sähköautoja. Kuvassa neljä on vuoden 1912 mallinen Detroit Electric, joka tunnetaan
myös Mummo Ankan auton esikuvana. Sähköautojen suosio hiipui vasta kun poltto-
moottori kehittyi helpommaksi käyttää ja pidempi toiminta-aika käänsi suosion poltto-
moottorin eduksi. [7, s. 12–14.] Kurssin alussa käsitellään lyhyesti sähköautoilun histo-
riaa ja syitä myös lähihistorian tapahtumiin.



Kuva 4. Detroit Electric merkinen sähköauto vuodelta 1912.

Sähköiseen autoiluun ja liikenteeseen liittyy sekä etuja että haasteita. Kurssin alussa
käsitellään historian lisäksi niitä taustoja ja tekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet ja vaikutta-
massa sähköautoilun kehittymiseen [7, s. 1–3]. Tavoitteena on antaa opiskelijalle käsi-
tys siitä, miksi sähkö- ja hybriditekniikka on tullut myös autojen voimanlähteeksi eli mitä
merkittävimpiä etuja saavutetaan mainitulla tekniikalla ja mitä ongelmia sen toteuttami-
seen ja kehittymiseen liittyy.

Sähkö- ja hybridautojen energiankulutus ja ympäristövaikutukset määräytyvät osin eri periaattein kuin perinteisten polttomoottoriautojen [7, s. 19–24; 8]. Kurssin alkuosassa käsitellään eri näkökulmia mitata energiankulutusta ja ympäristövaikutuksia. Energiatoteutuksen arviointi edellyttää ymmärrystä koko energiaketjun tehokkuudesta. Auton oman hyötysuhteen lisäksi tulee huomioida käytettävän polttoaineen tai muun energian tuottamiseen, jalostamiseen ja kuljetukseen liittyvät energiantarpeet ja ympäristövaikutukset. Tässä yhteydessä esitellään myös well-to-wheel periaate ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Sähkön käyttäminen auton energianlähteenä ei myöskään ole yksiselitteisesti mitattava asia. Täyssähköautojen tapauksessa kulutus on helpommin mitattavissa mutta hybridi-toteutusten kohdalla tulee huomioida ajosuorituksen ja tilastollisuuden vaikutus kokonaisuuteen [9; 10]. Ladattavien autojen energiankulutukseen vaikuttavat ajomatkojen pituuden ja ajovastusten lisäksi keskimääräiset ajosuoritteet latauskertojen välillä. Sähkö- ja hybridautojen energiankulutuksen mittaamiseen käytetään siis polttomoottoriautoista tuttujen testisykliä lisäksi tilastollisia menetelmiä keskimääräisten ajomatkojen vaikutusten huomioimiseen. Kurssilla esitellään yleisimmin käytössä olevat standardit.

2.3 Sähkö- ja hybridautojen tekniikkaa

2.3.1 Sähkö- ja hybridautojen määritelmä

Sähkö- ja hybridautojen tekniikkaa käsiteltäessä on tarpeen määritellä, milloin ajoneuvo täyttää sähkö- ja hybridauton määritelmän. Määritelmiä on olemassa eri näkökulmista, ja esimerkiksi tekniikan näkökulma saattaa poiketa lainsäädännön tai kansallisten verosääntöjen näkökulmasta.

Täyssähköauton (EV = Electric Vehicle) määritelmä on yksiselitteisempi kuin erilaisten hybriditoteutusten. Täyssähköauton tulee täyttää kaksi reunaehto. Auton energiavaran on oltava mukana kuljetettava energianlähde, jossa energia on varastoituna sähkökemiallisesti tai sähkömekaanisesti ja ainoa propulsiion tuottava komponentti on sähkömoottori [7, s. 3].

Hybridauton (HEV = Hybrid Electric Vehicle) toteutustapoja on merkittävästi enemmän. Yksi alalla tunnettu hybridauton tekninen määritelmä on IEC:n (International Electrotechnical Commission) lanseeraama tulkinta. Kyseisen tulkinnan mukaan hybridauton

tulee sisältää kaksi tai useampia energianlähteitä, jolla propulsio tuotetaan. Näistä vähintään yhden tulee olla ajoneuvossa mukana [7, s. 4]. Tämä määritelmä käsittää melko suuren kirjon erilaisia toteutuksia. Ääritapauksessa voidaan puhua esimerkiksi polttomootorilla varustetusta johdeautosta ja toisaalta kyseessä voi olla mm. polttokennototeutukset.

Hybridiautojen määritelmä siis sallii hyvin erilaisia toteutuksia. Hybridiautoja onkin luokiteltu sekä voimalinjan toteutustavan että hybridisointiasteen mukaisesti alaluokkiin. Voimansiirron perusteella toteutukset jaetaan sarja- tai rinnakkaishybrideihin. Hybridisointiasteen mukainen luokittelu liittyy auton kykyyn liikkua sähkömootorilla. Kevyimmät hybridit hyödyntävät pelkästään jarrutusenergiaa auton sähkölaitteiden tarpeisiin ja toisaalta ladattavalla täyshybridillä voidaan ajaa pelkällä sähkömootorilla kymmeniä tai jopa yli sata kilometriä. Hybridiauto voi siis olla myös verkosta ladattava (PHEV = Plug In Hybrid Electric Vehicle), jolloin osa liikkumiseen käytettävästä energiasta tulee sähköverkosta ja osa polttoaineesta.

Hybridiauton toteutus voi siis vaihdella paljonkin sen mukaan onko autossa suuri verkosta ladattava akusto ja pieni polttomootori vai suuri polttomootori ja pieni akusto. Tämän vuoksi määrittelyihin on syntynyt alaluokkia kuten range extender, jossa pääosin käytetään verkosta ladattua sähköenergiaa, mutta mukana on pieni polttomootori toimintasäteen kasvattamiseksi. Range extender on toteutukseltaan sarjahybridi ja sitä voisi periaatteessa ajatella myös täyssähköauton alalajiksi. Käytetyt nimikkeet eivät ole yksiselitteisiä, eikä niitä ole varsinaisesti rajattu mitattavissa olevin teknisin arvoihin.

Kurssin tekniikkaosassa käydään läpi toteutusvaihtoehdot täyssähköautosta erilaisiin hybrideihin. Päähuomio on ajoneuvoissa, joissa on korkeajänniteakusto ja sähköllä toimiva ajomootori eli täyssähköautoissa ja erilaisissa polttomootorin ja sähkömootorin yhdistelmissä. Muut vaihtoehtoiset polttoaineet kuten polttokennon ja sähkömootorin yhdistelmä on rajattu kurssin ulkopuolelle, vaikka suuri osa asioista pätee myös polttokennoautojen tapauksessa.

2.3.2 Voimansiirtotavat

Täyssähköautojen (EV) osalta voimansiirtotapoja ei ole erikseen luokiteltu. Varsinaisesti sille ei ole tarvettakaan, koska kaikki energia ladataan sähköverkosta ja moottori-

na on aina vain sähkömoottori [7, s. 63]. Voimalinjassa voi olla yksi tai useampi sähkömoottori, mutta käytännössä se ei muuta auton periaatteellista toimintatapaa.

Hybridiauto (HEV ja PHEV) voidaan voimalinjan osalta toteuttaa kahdella eri tavalla, sarja- tai rinnakkaishybridinä [7, s. 64]. Näistä toteutustavoista on lisäksi olemassa muutamia erikoistapauksia, jotka ovat kuitenkin edellä mainittujen tapojen alalajeja tai yhdistelmiä.

Sarjahybridin yksinkertaistettu toimintatapa on tuottaa propulsio vain sähkömoottorilla. Polttomoottorilla tuotetaan sähköä akustoon ja/tai ajomoottorille tilanteen mukaan. Koulutuksessa käsitellään voimansiirron rakenne ja sarjahybriditoteutuksen edut ja haitat.

Rinnakkaishybridissä voidaan propulsio tuottaa joko polttomoottorilla tai sähkömoottorilla sekä niiden yhteiskäytöllä. Rinnakkaishybridin erikoistapaus on through the road -hybridi, jossa voimansiirron yhdistäminen on toteutettu rakentamalla polttomoottorin ja sähkömoottorin voimansiirrot eri akselleille [7, s. 71]. Koulutusmateriaalissa käsitellään edellä mainittujen toteutusten rakenne ja niiden hyvät ja huonot ominaisuudet.

Split-hybridi on sarja- ja rinnakkaishybridin yhdistelmä, jossa on pyritty hyödyntämään molempien tekniikoiden parhaat ominaisuudet [7, s. 70]. Myös tämän rakenteen tarkastelu kuuluu kurssin sisältöön.

2.3.3 Sähkö- ja hybridiautojen keskeiset järjestelmät

Sähkö- ja hybridiautoissa on joukko osajärjestelmiä, joita ei perinteisessä polttomoottoriautossa ole, tai ne ovat toteutukseltaan hyvin erilaisia [7, s. 5–8]. Kurssissa käsiteltäväksi on valittu asetetun tavoitteen kannalta oleellimmat. Nämä osajärjestelmät ovat

- akusto
- akunhallintajärjestelmä
- ajomoottori ja moottorinohjaus (invertteri, esilataus)
- DC-DC-muunnin
- turvalaitteet (erotuskytkin, interlock piiri, eristysvastusmittaus)
- latauslaite.

Akusto on sähkö- ja hybridautojen merkittävä kokonaisuus sekä kokonsa että painon perusteella mutta myös kustannustekijänä. Akusto myös määrittää sähköllä saavutettavan kokonaistoiminta-ajan ja siten auton käytettävyyden sekä energiankulutuksen erilaisissa ajosuoritteissa. Akustojen osalta koulutuksessa käydään läpi niiden rakenne, keskeiset kemiat ja sähköiset ominaisuudet kuten kapasiteetti ja jännitteet. Samassa yhteydessä käsitellään yleisimmin käytettyjen akkujen vaatimukset olosuhteille ja käsittelylle sekä akuston jäähdytykseen ja lämmitykseen liittyviä asioita.

Akusto asettaa siis myös muita vaatimuksia auton järjestelmille. Akunhallinta (BMS = Battery management system) on yksi tärkeä kokonaisuus. Akunhallinta kontrolloi akuston latausta ja purkua huolehtimalla, ettei akustoa ylikuormiteta ja että se pysyy akustolle turvallisella lämpötila-alueella. Akunhallintajärjestelmällä on myös muita koko auton toimintaan ja turvallisuuteen liittyviä tehtäviä. Akunhallintajärjestelmää tarkastellaan koulutuksessa sen tärkeimpien tehtävien näkökulmasta.

Sähkö- ja hybridautoissa on aina ainakin yksi sähkömoottori, joka saa energian akustosta. Käytännössä ajomoottoreina käytetään nykyään vaihtojännitteellä toimivia kestomagneetti- tai oikosulkumoottoreita, joiden ohjaaminen perustuu vaihtojännitteen taajuuden ja virran muuttamiseen. Vaihtojännitteen varastointi akustoon ei ole kuitenkaan käytännössä mahdollista eli akustosta saadaan vain tasajännitettä. Tasajännite on muunnettava moottorikäyttöön invertterillä. Kokonaisuudesta käytetään sähkö- ja hybridautoissa nimitystä moottorinohjaus. Tässä osiossa koulutuksessa käsitellään moottorinohjauksen tehtävät ja moottorit. Tarkastelu rajataan peruskäsitteisiin ja hyötysuhdetekijöihin. Invertterin ja sähkömoottorin toimintaperiaatteet eivät kuulu kurssin sisältöön. Lisäksi moottorinohjauksen yhteydessä käsitellään esilatauspiirin tehtävä ja kytkentä.

Sähkö- ja hybridautoissa ei pääsääntöisesti ole perinteistä kampiakselin pyörittämää vaihtovirtageneraattoria vaan 12 voltin jännite tuotetaan korkeajänniteakustosta DC-DC-muuntimella. DC-DC-muuntimen osalta käsitellään sen tehtävä, ja syyt miksi sellainen komponentti sähköautossa tarvitaan. Tässä yhteydessä tarkastellaan myös 12V:n järjestelmän roolia sähkö- ja hybridautojen turvallisuuden kannalta.

Sähkö- ja hybridautojen turvallisuuteen liittyy useita eri osa-alueita kuten käyttöturvallisuus, korjaamoturvallisuus ja kolariturvallisuus [11, s. 44–54]. Keskeisten järjestelmien yhteydessä tarkastellaan sähkö- ja hybridautojen turvalliseen toimintaan ja käyttöön

liittyviä teknisiä toteutuksia ja valvontoja, kuten huoltoerotus, eristysvastusvalvonta ja interlock piiri. Lisäksi käsitellään autoista saatavia tietoja onnettomuustilanteiden ja jännitteettömäksi tekemisen osalta ja mistä niitä on mahdollista saada (esimerkiksi pelastuskortit).

Kaikki täyssähköautot ja ladattavat hybridit käyttävät energianlähteenä sähköverkosta saatavaa energiaa. Ladattavien autojen osalta kurssilla käsitellään lataukseen liittyvät tekniset rajoitukset ja erilaiset latausmenetelmät. Latausmenetelmien osalta on tärkeää ymmärtää latauksen vaikutukset esimerkiksi kiinteistön sähköasennuksiin ja sähköverkkoon. Autojen latausta ei käsitellä yksittäisen mallin näkökulmasta, koska latausmenetelmät ovat osin valmistajakohtaisia ja niiden standardointi on vielä alkuvaiheessa.

2.3.4 Merkittävimmät erot polttomoottoriautoihin

Sähkö- ja hybridiautot poikkeavat joiltakin teknisiltä osa-alueiltaan perinteisistä polttomoottoriautoista ja tämä vaikuttaa myös esimerkiksi huolto- ja korjausmenetelmiin [12, s. 236–261]. Myös erilaisten sähkö- ja hybridiautojen toteutustapojen välillä on eroja. Koulutuksessa keskitytään niihin osa-alueisiin, jotka on hyvä tunnistaa normaaleiden korjaus- ja huoltotoimenpiteiden näkökulmasta.

Korkeajänniteakusto on luonnollisesti oleellinen eroavaisuus polttomoottoriautoon nähden. Akustolle ei sinänsä tarvitse huoltotoimia tehdä ja sen vaikutus liittyy lähinnä turvallisuusmääräyksiin ja toisaalta auton vähän suurempaan omapainoon.

Sähkö- ja hybridiautoissa hyödynnetään poikkeuksetta jarrutusenergian talteenottoa akuston lataamiseen. Ajoneuvoa jarrutetaan sähkögeneraattorin avulla ja generaattorin tuottama sähköenergia varastoidaan akustoon. Talteenotosta johtuen jarrujärjestelmässä on erilainen toimintatapa kuin polttomoottoriautoissa. Koulutuksessa käydään läpi jarrujärjestelmien erot kuten jarrupoljinsimulaattori ja sähköhydraulinen jarru. Lisäksi käsitellään jarrutustavan vaikutukset jarrujen kulumisen ja huollon näkökulmasta.

Poltto- ja sähkömoottorin yhteensovittaminen hybridiautoissa riippuu toteutustavasta ja se vaikuttaa useissa tapauksissa myös kytkimen toimintaan ja sen rakenteeseen. Riippuen auton rakenteesta on voimasiirron ja moottorin erottava kytkin usein erilainen kuin polttomoottoriautossa tai niitä voi olla myös kaksi kappaletta. Kytkimen ja voimansiirron

rakenne on usein samaa kokonaisuutta sähköisen ajomoottorin kanssa. Hybridiautoissa myös polttomoottorin käynnistys on usein integroitu sähköllä toimivaan ajomoottoriin ja sikäli toimita on erilainen kuin polttomoottoriautoissa.

Auton matkustamon lämmitys ja jäähdytys vaatii myös energiaa. Kaikissa hybriditoteutuksissa polttomoottori tuottaa vähemmän hukkalämpöä kuin pelkällä polttomoottorilla varustettu auto. Täyssähköauto ei tuota oikeastaan lainkaan hukkalämpöä lämmitykseen. Sähkö- ja hybriditoteutuksissa on erilaisia kombinaatioita matkustamon olosuhteiden ylläpitoon ja niitä käsitellään lähinnä tunnistamismielessä. Samaan kokonaisuuteen kuuluu myös akuston jäähdytys ja lämmitys. Tällä on vaikutusta mm. jäähdytysjärjestelmään tehtävien töiden ja käytettävien nesteiden osalta.

Sähkö- ja hybridiautojen moottorin- ja jarrujenohjauksen suurempi älykkyys vaativat huomiointia sekä katsastuksessa että korjauksissa. Valmistajasta riippuen autoille tehtävät mittaukset vaativat erikoistoimia. Hybridiautojen päästömittaukset on suoritettava valmistajan ohjeiden mukaan siten, että polttomoottori saadaan niin sanottuun mittausmoodiin. Jarrujen testaaminen dynamometrissä saattaa myös vaatia erityistoimia.

3 Säädökset ja sähköturvallisuus

3.1.1 Säädökset ja pätevydet

Sähköturvallisuuslain mukaan sähköalan sääntelystä Suomessa määrää työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). Sähkötöiden luvanvaraisuudesta ja pätevyysvaatimuksista säädetään ministeriön päätöksessä KTMP 516 [13]. Kyseisessä säädöksessä kuvataan, milloin sähkötyö vaatii lupia tai ilmoituksia sekä millaiset ovat pätevyysvaatimukset erilaisiin sähköalan töihin. Säädösten valvonnasta vastaa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), joka ohjaa valvovien organisaatioiden toimintaa. [11, s. 74.]

Koulutuksessa käsitellään pätevyysvaatimukset autoalan näkökulmasta niiltä osin, kuin ne eivät sisälly sähkötyöturvallisuuskoulutukseen. Koulutus käsittelee sekä pätevyysvaatimukset että säädöksen sisällön autojen korjaustoiminnan kannalta helposti ymmärrettävässä muodossa. Tärkein osaamistavoite on ymmärtää, milloin edellä mainitut asiat tulee ottaa huomioon autoalan tehtävissä.

3.1.2 Sähkötyöturvallisuus

Keskeinen osa kurssin sisältöä on sähköturvallisuus. Kaikki kurssille osallistuvat opiskelijat käyvät SFS 6002 sähköturvallisuusstandardin [14] mukaisen sähkötyöturvallisuuskoulutuksen. Koulutus toteutetaan yhteistyössä sähköalan koulutuksen kanssa.

Vaikka edellä mainittu sähkötyöturvallisuuskoulutus perustuu toistaiseksi yleiseen sähköalalla annettavaan turvallisuuskoulutukseen, sitä sovelletaan pätevyysien kannalta myös sähkö- ja hybridautojen parissa työskenteleviin henkilöihin. Sähkötyöturvallisuuskurssilla käsitellään sähkötöiden vaarat ja tärkeimmät sähköturvallisuutta koskevat säädökset ja standardit.

Merkittävin puute standardin mukaisessa sähkötyöturvallisuuskoulutuksessa autoalan kannalta on akkaturvallisuuden käsittelyn puuttuminen lähes kokonaan [11, s. 63 ja 82]. Sähköturvallisuusasioita ei standardin mukaisessa koulutuksessa käsitellä myöskään autotekniikan näkökulmasta, eli myös ajoneuvojen käsittely korjaamossa ja vikatilanteissa sisältyy Sähkö- ja hybridautojen perusteet -kurssiin. Koulutuksessa käsitellään ajoneuvon jännitteettömäksi tekemisen perusteet sekä akkujen käsittelyyn liittyviä turvallisuusnäkökohtia. Myös toimiminen korjaamossa, jossa tehdään kyseisiä töitä, käsitellään koulutusmateriaalissa.

3.1.3 Autonvalmistajien ohjeet ja vaatimukset

Sähkö- ja hybridautojen huolto ja korjaustoimintaan liittyvät kiinteästi kunkin autonvalmistajan ohjeet ja määräykset. Näitä määräyksiä käsitellään pääosin yleisellä tasolla eikä yksityiskohtaisesti minkään yksittäisen merkin tai mallin kannalta. Valmistajien ohjeet käsittelevät pääasiassa itse tuotetta eli autoa eivätkä niinkään osaamisvaatimuksia asentajien osalta.

Tavoitteena on korostaa, että ajoneuvojen toteutustavoissa on merkittäviä eroja ja autonvalmistajan ohjeita on aina noudatettava. Autonvalmistajat antavat ohjeita niin jännitteettömäksi tekemisestä ja erilaisista mittauksista kuin käytettävistä työkaluista ja menetelmistä. Näitä ei voida ohittaa, vaikka lain mukaiset pätevyudet ja koulutukset olisivatkin kunnossa.

4 Sähkö- ja hybridautot Suomessa

4.1 Sähköautojen määrä Suomessa

Kurssin lopussa tarkastellaan sähkö- ja hybridautojen volyymia Suomessa. Sähkö- ja hybridautojen määrä Suomessa on vielä varsin pieni suhteutettuna koko autokantaan. Kaikista Suomessa liikenteessä olevista noin 2,5 miljoonasta henkilöautoista sähkö- ja hybridautoja oli vuoden 2013 lopussa noin 9 000. Hybridautojen osuus määrästä on selvästi yli 90 prosenttia [15]. Taulukossa 1 on Suomessa rekisteröityjen hybridautojen merkki- ja mallijakauma vuoden 2013 lopussa.

Taulukko 1. Suomessa vuoden 2013 lopussa rekisterissä olevat hybridautot malleittain (ladattavat autot punaisella) [15].

Merkki	Malli	kpl (2013)	Merkki	Malli	kpl (2013)
Toyota	Prius/Prius Plus	3088	Lexus	LS600H/HL	26
Toyota	Auris HSD	2009	Porsche	Cayenne S Hybrid	20
Toyota	Yaris Hybrid	758	Volkswagen	Jetta Hybrid	20
Honda	Insight	590	Mercedes-Benz	S400/400L Hybrid	19
Lexus	RX 400H/450H	582	Porsche	Panamera S Hybrid	8
Honda	Jazz Hybrid	348	Chevrolet	Volt	6
Lexus	CT 200H	331	BMW	Activehybrid X6	5
Lexus	GS450H	130	Toyota	Highlander Hybrid	4
Toyota	Prius plug-in Hybrid	117	BMW	Activehybrid 3	2
Lexus	IS 300H	105	BMW	Activehybrid 5	2
Honda	CR-Z	104	BMW	Activehybrid 7/7L	2
Mercedes-Benz	E300 Bluetec/CDI Hybrid	104	Fisker	Karma	2
Volvo	V60 plug-in Hybrid	68	Ford	Escape Hybrid	2
Opel	Ampera	67	Audi	A8 Hybrid	1
Audi	Q5 Hybrid	44	Mercury	Mariner Hybrid	1
Peugeot	508 RXH Hybrid4	44	Porsche	Panamera S E-Hybrid	1
Peugeot	3008 Hybrid4	42	Toyota	Camry Hybrid	1
Mitsubishi	Outlander PHEV	35			
Honda	Civic Hybrid*	27	Yhteensä		8741
Citroen	DS5 Hybrid4	26	Ladattavia		296

Täyssähköautoja oli vastaavana ajankohtana noin 140 kappaletta. Täyssähköautojen määrän oletetaan kasvavan vuoden 2014 loppuun mennessä lähes 300 kappaleeseen. Määrän nopea kasvu johtuu pääosin Teslan tulosta Suomen markkinoille. Tesloja on rekisteröity Suomeen vuonna 2014 jo 50 autoa. [16.]

Verkosta ladattavien autojen (sähkö- ja hybridautot) määrä Suomessa kaksinkertaistui viimeisen vuoden aikana. Ladattavien autojen määrää kasvattivat sekä ladattavien hybridien tarjonnan kasvu että täyssähköautojen lisääntyminen lähinnä Teslan myötä. [16.] Kuvassa 5 näkyy ladattavien autojen määrän kehitys Suomessa vuoden 2012 alusta alkaen.



Kuva 5. Rekisterissä olevat ladattavat ajoneuvot Suomessa (syyskuu 2014) [16].

4.2 Tulevaisuuden näkymät

Sähköisen liikenteen kehittyminen Suomessa riippuu sekä tekniikan että lainsäädännön asettamista reunaehdoista. Kylmä vuodenaika on vielä haaste sähkön käytölle ajoneuvojen energianlähteenä. Lisäksi yleistyminen riippuu verotuksen ohjaavasta vaikutuksesta sekä kustannusten että ympäristöasioiden kautta. Automallien tarjonta kasvaa nopeasti, ja myös asenteiden muuttuminen todennäköisesti nopeuttaa kehitystä. Kurssin lopussa arvioidaan tulevaisuutta edellä mainittujen asioiden pohjalta.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella sähkö- ja hybridautojen peruskurssi sisällytettäväksi autoalan perustutkintoon toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa. Sähkö- ja hybridautojen yleistyessä on autoalalla huomattu, ettei kyseistä osaamista vielä ole ajoneuvoasentajilla riittävästi. Säädökset ja määräyksetkään eivät ole kaikilta osin olleet ajantasaisia. Idea työn tekemiseen syntyi siis hyvin työelämälähtöisesti.

Edellä mainitun osaamistarpeen lisäksi asia oli ajankohtainen myös ammatillisen koulutuksen uudistuessa vuoden 2015 aikana. Työhön sisällytettiin lyhyt katsaus mainittuun muutokseen sekä muutoksen valmisteluun. Myös tästä näkökulmasta tarkasteltuna aihe osoittautui mielenkiintoiseksi.

Varsinaisen opetusmateriaalin sisällöllisenä tavoitteena oli alusta alkaen antaa laaja kokonaiskuva sähköisestä autoilusta ja sen vaikutuksista autoalaan ja yhteiskuntaan. Teknisen perusosaamisen ja ympäristöasioiden lisäksi vähintään yhtä suuri painoarvo oli sähköturvallisuudella. Aihekokonaisuuksien rajaus osoittautui haasteelliseksi, ja mukaan sisällytettäviä asioita jouduttiin usein tarkastelemaan palauttamalla mieleen alkuperäinen tavoite.

Suunniteltu koulutus ei valmista opiskelijaa minkään sähkö- tai hybridautotyypin asiantuntijaksi. Koulutus kuitenkin antaa hyvät valmiudet osaamisen kehittämiseen sekä perustiedot turvalliseen toimimiseen autokorjaamossa, jossa korkeajänniteakustoilla varustettuja autoja huolletaan ja korjataan.

Jo työn alussa tunnistettiin riski, ettei opetusmateriaalia päästä asetetulla aikataululla kokeilemaan käytännössä. Opetusmateriaalin osalta kuitenkin saavutettiin alkuperäinen tavoite varsin hyvin. Valmista materiaalia arvioitaessa on tunnistettu myös muita mahdollisia käyttökohteita tämäntyyppiselle yleiskoulutukselle.

Työn lopputuloksena syntynyt opetusmateriaali vastaa hyvin sille asetettuja tavoitteita. Työn aikana tekijän oma osaaminen syventyi sähköisen autoilun osalta ja samalla ammatillisen koulutuksen rakenne, lainsäädäntö ja koulutuksen tarjoajien toimintaympäristö tulivat tutuksi. Kokonaisuutena tehty työ palveli hyvin sekä työn tekijää että tilaajaa.

Lähteet

- 1 Sohlberg Jouko. 2014. Autoalan osaamisen tulevaisuudennäkymät ja tutkinnon muutokset. Esitysmateriaali: Autoalan keskusliitto. Luettu 9.10.2014.
- 2 Huhtala Mikko. 2013. Auto- kuljetus- ja ilmailualan koulutuksen laadullinen ennakointi. Helsinki: Opetushallitus.
- 3 Laki ammatillisesta peruskoulutuksesta. 21.8.1998/630.
- 4 Ammatillisen perustutkinnon perusteet, autoalan perustutkinto. 2009. Verkkodokumentti. Opetushallitus. < http://www.oph.fi/download/110502_Autoalan_perustutkinto_2009.pdf > Luettu 16.8.2014.
- 5 Osaamisperusteisuus todeksi, askelmerkkejä koulutuksen järjestäjille. 2014. Verkkodokumentti. Opetushallitus. < http://www.oph.fi/julkaisut/2014/osaamisperusteisuus_todeksi_askelmerkkeja_koulutuksen_jarjestajille > Luettu 11.10.2014.
- 6 Toimintakertomus. 2013. Verkkodokumentti. Hyria koulutus Oy. < http://www.hyria.fi/files/10142/Hyriakertomus_2013.pdf > Luettu 16.8.2014.
- 7 Husain Iqbal. 2011. Electric and Hybrid Vehicles, Design Fundamentals. Florida. CRC Press.
- 8 JEC Well To Wheels analysis. 2014. Verkkodokumentti. Joint Research Centre of the European Commission. < http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report_2014/wtt_report_v4a.pdf > Luettu 17.10.2014.
- 9 Standard J1711/J2841. 2010. Verkkodokumentti. SAE International < <http://topics.sae.org/fuels-energy-sources/standards/> > Luettu 17.10.2014.

- 10 UNECE Regulation 101. 2013. UNECE Transport. Verkkodokumentti. <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/updates/R101r3e.pdf>> Luettu 17.10.2014.
- 11 Linja-aho Vesa 2012. Sähkö- ja hybridautojen sähkötyöturvallisuus. Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- 12 James D. Halderman, Tony Martin. 2011. Hybrid and Alternative Fuel Vehicles. USA. Pearson Education Inc.
- 13 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. 516/1996.
- 14 SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. 2005. 2. painos. Helsinki: Sesko ry.
- 15 Hybridikäyttöiset henkilöautot merkeittäin ja malleittain (2013). Trafi tilastot. <http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/lk-ajoneuvojen_kayttovoimatilastot> Luettu 26.10.2014.
- 16 Rekisterissä olevat ladattavat autot Suomessa. (2014). Verkkodokumentti. Sähköinen Liikenne.fi. <<http://www.sahkoinenliikenne.fi/uutiset/sahko-autokanta-kipuaa-ylospain>> Luettu 26.10.2014.

Sähkö- ja hybridautojen perusteet (koulutusmateriaali, PDF 76 sivua)