

Tomi Kaihovirta

Muunnossähköauto eCelica Rekisteröinti ja katsastus

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 8.5.2015
Tekijä(t) Tomi Kaihovirta	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma Sähkövoimatekniikka
Nimeke Muunnossähköauto – eCelica – Rekisteröinti ja katsastus	
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli saada muunnossähköauto eCelica rekisteröityä ja katsastettua Suomen tieliikennelainsäädännön mukaiseksi. Tavoitteena oli tutustua myös sähköautokonversioita koskevaan lainsäädäntöön. Tärkein tavoite oli saada auto rekisteröityä Suomen tieliikenteeseen, jotta auto saadaan koulun käyttöön. Työ on luonteeltaan tutkimus- sekä kirjallisuusperustainen.</p> <p>Sähköautoon kehitettiin hidaslatausjärjestelmä, jolla auton akusto saadaan ladattua verkosta tai aurinko- ja tuulivoimalla. Sähköautoa koskevat tavoitteet saatiin toteutettua, ja auto saatiin rekisteröityä ja muutokatsastettua.</p> <p>Työn tuloksena auto saatiin rakennettua ja katsastettua tieliikennekelpoiseksi. Rikkoutunut voimansiirto korvattiin uudella kestävämmällä ratkaisulla ja autoon rakennettiin logiikkaohjattu huurteenpoistojärjestelmä ja uusi latausjärjestelmä.</p>	
Asiasanat (avainsanat) sähköauto, rekisteröinti, muutokatsastus, katsastus	
Sivumäärä 31 + 4	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Teemu Manninen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin Ammattikorkeakoulu

DESCRIPTION

 <p style="font-size: 24pt; font-weight: bold; margin: 0;">MAMK</p> <p style="margin: 0;">University of Applied Sciences</p>	<p>Date of the bachelor's thesis</p> <p>8.5.2015</p>
<p>Author(s)</p> <p>Tomi Kaihovirta</p>	<p>Degree programme and option</p> <p>Electrical engineering</p>
<p>Name of the bachelor's thesis</p> <p>eCelica -Electric vehicle conversion – registration and change inspect</p>	
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to get conversion electric car inspect and register to meet the requirements of the Finnish legislation. The objective was also to explore legislation of converted electric cars. The main objective was to get the car registered to fit the finnish road permits so that the car could be used by school's staff. Thesis is research- and literature-based.</p> <p>Car was developed with new slow charging system. The car's battery system can be charged from solar-, wind- or power grid. Objectives regarding the car were completed and the car was registered and change inspected.</p> <p>As a result the car was built and inspected to fit the finnish road permits. The broken transmission was replaced with more durable solution. Logic controlled frost remover and new charging system was also installed.</p>	
<p>Subject headings, (keywords)</p> <p>electric car, registration, change inspect</p>	
<p>Pages</p> <p>31 + 4</p>	<p>Language</p> <p>Finnish</p>
<p>Remarks, notes on appendices</p>	
<p>Tutor</p> <p>Teemu Manninen</p>	<p>Bachelor's thesis assigned by</p> <p>Mikkeli University of Applied Sciences</p>

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	SÄHKÖAUTOT YLEISESTI.....	2
3	SÄHKÖAUTOTYYPIT.....	4
3.1	Täyssähköauto	4
3.1.1	Muunnossähköauto	5
3.2	Hybridiauto	7
3.2.1	Sarjahybridi.....	8
3.2.2	Rinnakkaishybridi.....	9
3.2.3	Sekahybridi	11
3.3	Polttokennoauto	12
4	YLEISET KATSASTUSTOIMENPITEET HENKILÖAUTOILLE	14
4.1	Ajoneuvon tunnistaminen.....	14
4.2	Jarrut	14
4.3	Valaisimet ja varusteet.....	16
4.4	Alusta ja ohjaus.....	17
4.5	Koeajo.....	19
5	MUUNNOSSÄHKÖAUTO ECELICA.....	20
5.1	Projektiin valmistautuminen.....	20
5.2	Toimenpiteet katsastuskuntoon saattamiseksi.....	21
5.3	Muunnossähköauto ecelican katsastus.....	23
5.4	Muutoskatsastus.....	25
5.5	Osaluettelo.....	26
5.6	EMC-mittaus.....	27
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET	31

LIITTEET

- 1 Tarkastuskortti
- 2 Osaluettelo
- 3 Tarkastuskortti määräaikaikatsastus
- 4 Tarkastuskortti muutoskatsastus

KÄSITTEET

EMC	Electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
PEM	Polymer electrolyte membrane, polttokennorakenne

1 JOHDANTO

Polttoaineen kallistuessa ja perusveron noustessa sähköautot tekevät uutta tuloa markkinoille. Käyttövoimaveron uudistus selkeämmin käyttövoiman mukaan mahdollisti sähköautojen verotuksen lievenemisen. Viime vuosina sähköautojen myynti on kääntynyt nousuun ja odotettavaa on, että sähköautojen kanta kasvaa entisestään. Kasvavaan sähköautojen kysyntään on vastanneet myös autonvalmistajat, jotka kehittävät jatkuvasti uusia sähköautoja. Kasvua vauhdittaa myös ihmisten ympäristötietoisuus ja halu olla ekologisempia.

Sähköautot olivat Yhdysvalloissa 1900-luvun alkupuolella jopa suosittumia kuin polttomoottorilla toimivat autot. Niiden vahvuuksia olivat helppous, päästöttömyys ja hiljaisuus. Polttomoottoreiden kehittyessä autojen sarjatuotannon alkaessa ja polttoaineen hinnan laskiessa sähköautot unohtuivat kuitenkin lähes täysin. /7./

Suomessa muunnossähköautoja on tehty jo useita. Projekteihin on lähteneet mukaan myös useat ammattikorkeakoulut. Muunnossähköautojen etu on niiden perustuvuus jo olemassaolevaan tieliikennerekisteröityyn autoon. Tämä projekti on toteutettu Mikkelin ammattikorkeakoulun sponsoroimana kahden eri vuosikurssin opiskelijoiden toimesta. Tämän opinnäytetyön lisäksi eCelica-autosta on tehty neljä opinnäytetyötä.

Työssä käydään läpi kattavasti sähköautoja koskevia viranomaisvaatimuksia ja rakennusvaatimuksia, jotta auto läpäisee muutostarkastuksen. Työssä syvennyttään myös sähköautojen tekniikkaan syvällisemmin ja kerrotaan erilaisista sähköautotyypeistä.

Tavoitteena projektissa oli selvittää muunnossähköauton keskeneräisyydet, kunnostaa auto liikuttavaan kuntoon ja tutkia sähköautoja koskevia lainvaatimuksia. Jotta auto saadaan katsastettua siihen täytyy rakentaa toimiva huurteenpoistojärjestelmä, korjata rikkoutunut mekaniikka ja rakentaa uusi latausjärjestelmä. Laki edellyttää, että muunnossähköautot ovat rakennettuja tietyin ehdoin.

2 SÄHKÖAUTOT YLEISESTI

Sähköauto on auto, jonka voimanlähteenä on yksi tai useampi sähkömoottori. Sähköautoissa moottorille tarvittava sähköenergia saadaan akuista. Tavallisesti sähköautosta puhuttaessa tarkoitetaan autoa, jonka voimanlähteenä on ainoastaan sähkömoottori. Sähköautot kuitenkin jaotellaan tekniikkansa mukaan. Yhteistä kaikille sähköautoille on kuitenkin se, että ne liikkuvat varastoidun tai tuotetun sähköenergian voimin. Täyssähköautossa ei ole ilmastoa saastuttavaa polttomoottoria.

Tärkeimpänä kriteerinä sähköautoihin siirryttäessä on ollut yhteiskuntaa uhkaava ilmastonmuutos, joka tulee aiheuttamaan ennalta arvaamattomia vaikutuksia maapallon sademääriin ja lämpötiloihin. Toisena tärkeänä sähköajoneuvojen yleistymisen vauhdittajana voidaan pitää fossiilisten polttoaineiden hupenemista. Fossiilisten polttoaineiden tuotantohuippu on ylitetty tai tullaan ylittämään lähivuosisikymmeninä. /1, s. 62./

Yksi litra bensiiniä tai dieseliä sisältää noin 8,6 kilowattituntia energiaa ja 50 litran tankillinen sisältää energiaa 430 kilowattituntia. Tämä energiamäärä painaa alle 40 kilogrammaa. Viiden litran polttoaineen kulutuksella ajomatka olisi 1000 kilometriä. Käytettävät polttoaineet ovat energiatiheydeltään hyviä, mutta niiden tuottamaa energiaa ei saada autoissa merkittävän hyvin hyödynnettyä.

Sama energiamäärä litiumakkuihin varastoituna painaisi hieman alle 600 kilogrammaa. Sähköautojen etuna on niiden energiatehokkuus, sillä sähköenergiasta siirtyy renkaiden pyörimiseen vähintään 85 %, kun bensiinin energiasta hyötykäyttöön menee vain noin 15 %. /2./



KUVA 1. Suomen eniten myyty sähköauto 2014 Tesla Model S /11/

Sähköautoja voidaan ladata normaalista 230V pistorasiasta tai vaihtoehtoisesti 400V 3-vaihepistorasiasta. Jotta tulevaisuudessa sähköautot tulisivat yleistymään, olisi latausverkostoa kehitettävä radikaalisti. Tällä hetkellä Suomessa julkisia latauspisteitä on 145, joista suurin osa 72 sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Latausverkoston kehittäminen ja etenkin pikalatauksen kehittäminen mahdollistaisi sähköauton käytön muutakin kuin kaupunkiautona. /3./

Tavallisesti sähköauto koostuu yhdestä tai useammasta sähkömoottorista. Yleisimmin käytettyjä moottorityyppejä ovat oikosulku- ja tasavirtamoottorit. Sähkömoottorin sijoituksia konehuoneeseen on erilaisia. Yleisesti käytetty sijoitus moottorille on etuakseleiden läheisyyteen, mutta esimerkiksi Active Wheel -järjestelmässä napamoottori on sijoitettu vanteen kehän sisälle.

Energianlähteinä sähköautoissa alkaa vakiinnuttamaan yhä enemmän litium-pohjaiset akut. Niiden hyötyjä ovat korkea energiatiheys ja huomattavasti muita akkutyyppejä korkeampi yli kolmen voltin nimellisjännite. Litiumakut ovat kuitenkin tarkkoja, ettei niitä ylliladata tai pureta tietyn jännitetason alapuolelle. Litiumakut kestävät myös korkeita purkuvirtoja. Tärkeimpänä kriteerinä sähköautoissa on kuitenkin se, että akut omaavat korkean energiatheyden, eli kuinka paljon energiaa akusta saadaan tietyllä purkausvirralla painoyksikköä kohden.

TAULUKKO 1. Eri akkujen energiatiheys

Akkutyyppi	Jännite (V)	Energiatiheys (Wh/kg)
Lyijyakku	2,1-2,2	30-40
NiMH	1,2	30-80
Litium-rautafosfaatti	3,25	80-120

Akkujen kehitys vaatisi tulevaisuudessa ison harppauksen, että sähköautot voisivat horjuttaa heti polttomoottoriautojen suosion. Uusia akkutyyppejä kehitetään kuitenkin jatkuvasti. Uusia innovaatioita on tulossa ja tällä hetkellä on kehitetty jo akku, jonka energiatiheys on yli kaksi kertaa markkinoilla olevaa litium-ioniakkua parempi, noin 400 Wh/kg. /9./

3 SÄHKÖAUTOTYYPIT

Sähköautot jaetaan tekniikkansa mukaan. Yhteistä kaikille sähköautoille on se, että ne sisältävät yhden tai useamman sähkömoottorin, jonka lisäksi autossa voi olla voimanlähteenä myös bensiini- tai dieselkäyttöinen polttomoottori.

3.1 Täyssähköauto

Täyssähköauton voimanlähteenä on ainoastaan sähkömoottori ja energiavarastona akusto. Auto tarvitsee myös latausjärjestelmän, joka voi olla luonteeltaan hidas tai nopea. Täyssähköautojen etuna on niiden käyttö kaupunkiajossa, hiljaisuus ja päästöttömyys. Täyssähköautot ovat helppokäyttöisiä, niissä on pieni huollontarve ja pienet käyttökustannukset. Suomen energiantuotantorakenteella hiilidioksidipäästöt ovat todella pienet ja uusiutuvalla energialla autoa ladattaessa päästään täysin päästöttömään sähköautoiluun.

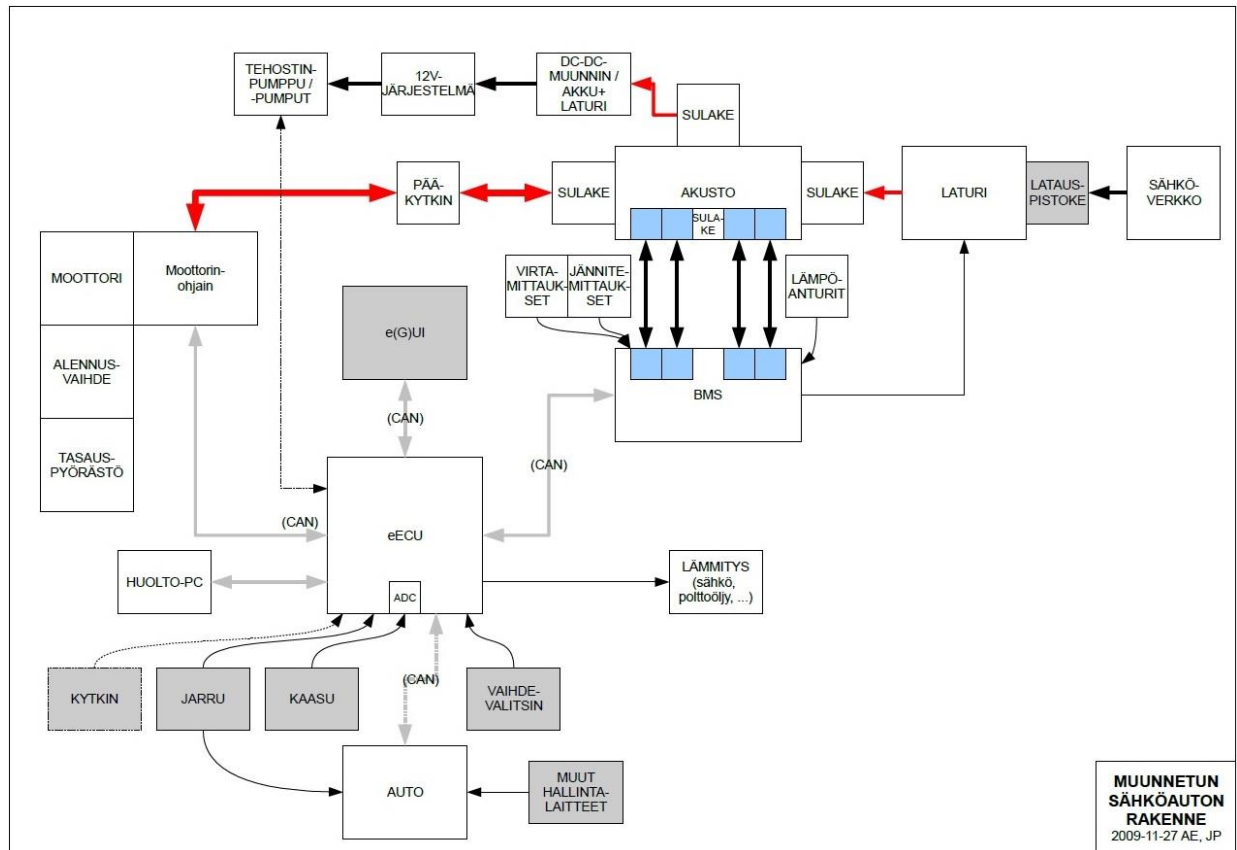
Huonona puolena täyssähköautossa on sen kallis hankintahinta. Täyssähköautossa myös toimintamatka on rajallinen, etenkin talviolosuhteissa. Talviolosuhteissa täyssähköautoissa joudutaan turvautumaan akustosta otettuun lämpöenergiaan sähkövastusten muodossa tai erilliseen polttoainelämmittimeen. Kun lämmitykseen

kuluva sähköenergia otetaan akustosta, se lyhentää auton toimintasädettä radikaalisti. Haasteena täyssähköautossa on vielä latausverkoston kehittymättömyys.

Täyssähköautossa etuna hybridiautoon verrattuna on sen tekniikan yksinkertaisuus. Täyssähköautossa ei tarvita tilaa vievää polttoainetankkia eikä polttomoottoria, jolloin niiden viemää tilaa voidaan täyssähköautossa käyttää energian varastointiin eli akustoihin. Täyssähköauton yksinkertainen tekniikka tekee autosta hyvin huoltovapaan ja helposti korjattavan.

3.1.1 Muunnossähköauto

Muunnossähköauto tarkoittaa autoa, jonka käyttövoimaksi on vaihdettu sähkö muuttamalla auton rakennetta; muunnettu sähköauto, jossa lähtökohtana on ollut joko käyttämätön tai käytetty auto. Muunnossähköauton etuna on sen olemassaolevan tieliikennerekisteröidyn auton käyttö. Muunnossähköauton voi toteuttaa itse, kun noudattaa sähköajoneuvoja koskevia lakimääräyksiä. Muunnossähköautossa polttomoottori poistetaan ja tilalle vaihdetaan sähkömoottori ja sen tarvitsema tekniikka, joka koostuu pääasiassa akunhallintajärjestelmä BMS:stä ja moottorinohjaimesta eli kontrollerista.



KUVA 2. Periaatekuva muunnossähköauton rakenteesta /7/

Toteuttamamme Toyota Celica on malliltaan muunnossähköauto. eCelicaksi nimetty auto on toteutettu alkuperäisellä vaihteistolla, jolloin sähkömoottori on suoraan kytketty välilaipan kautta vaihdelaatikkoon. Tasaisen vääntömomentin ansiosta eCelicalla voidaan ajaa yhdellä vaihteella. Muunnossähköautoa rakentaessa huomiota täytyy kiinnittää viranomaisvaatimukseen alusta lähtien. Merkittävimmät viranomaisvaatimukset ovat UNECE:n määrittelemät E-säännöt. Uudemmissa autoissa ajoneuvolle täytyy suorittaa kalliit EMC-mittaukset.



Kuva 3. Muunnossähköauto eCelica

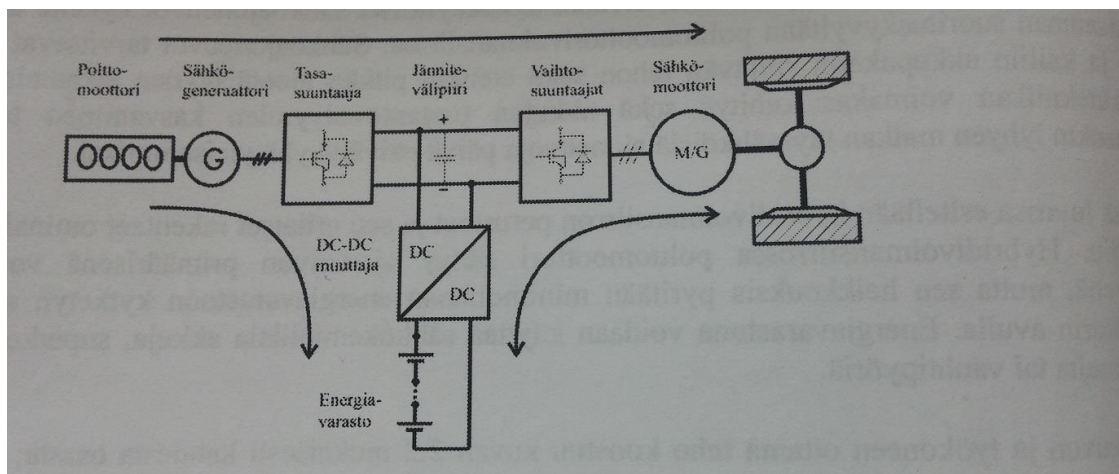
3.2 Hybridiauto

Hybridiauto tarkoittaa autoa, jossa päävoimanlähde on polttomoottori. Hybridiautot sisältävät kuitenkin sähkömoottorin ja ajoakuston, joten autossa on kaksi eri voimanlähdettä. Hybridiauton etuja täyspolttomoottoriautoon ovat jarrutusenergian talteenotto ja sähkömoottorin korkean vääntömomentin mahdollistama työkierron optimointi ja toimintapisteen siirto paremman hyötysuhteen alueelle. Hybridiautot ovat parhaimmillaan kaupungissa, sillä silloin voidaan käyttää sähkömoottoria liikkumiseen, kun normaalisti polttoaineen kulutus on kaupungissa suurimmillaan. Hybridiauton etuja ovat myös niiden toimintasäde, joka on käytännössä rajaton.

Autovalmistajat ovat alkaneet investoimaan yhä enemmän ison polttomoottorin omaaviin hybrideihin, sillä niissä hyötysuhde on kaikista suurin. Hybridiajoneuvot voidaan luokitella joko voimansiirtolinjan toteutustavan perusteella tai hybridisointiasteen perusteella. /4, s. 42./

3.2.1 Sarjahybridi

Sarjahybridissä polttomoottori käyttää generaattoria, jonka tuottama sähköenergia käyttää sähkömoottoria. Tuotettu sähköenergia syötetään tasasuuntaajan kautta välipiirille, josta tuotettu sähköenergia hyödynnetään joko energiavaraistoihin tai sähkömoottorille. Sarjahybrideissä kuormapuolen sähkömoottoria voidaan käyttää jarrutusenergian talteenottoon, mikä tarkoittaa regenerointia. Sarjahybridissä polttomoottorin kierrosnopeus on riippumaton kuorman pyörimisnopeudesta, jolloin polttomoottori saadaan optimaaliseen käyttöön ja mitoitukseen keskiteholle. Sarjahybridin ohjaaminen on myös yksinkertaista, sillä kuormaa ajetaan vain sähkömoottorilla. Haittapuolena sarjahybridissä on sen rakenne, joka on monivaiheinen kun energia muutetaan muodosta toiseen. Rakenne huonontaa kokonaishyötysuhdetta. Sarjahybridin toteutukseen tarvitaan kolme voimakonetta, polttomoottori, sähkömoottori ja generaattori, mitkä lisäävät painoa ja tilaa voimansiirron kohdalla.



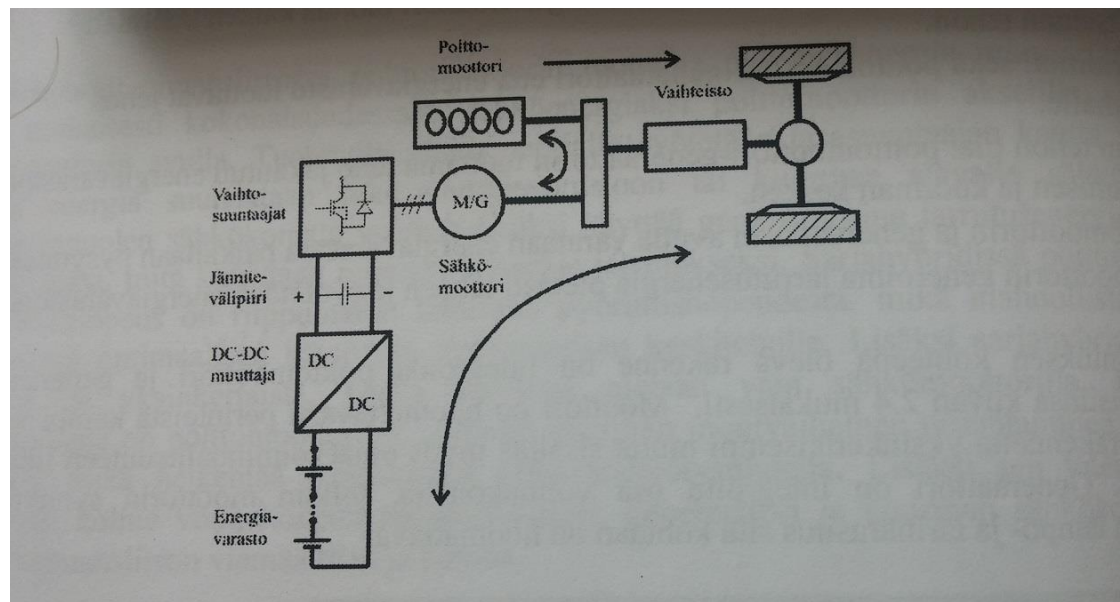
KUVA 4. Sarjahybridivoimansiirron rakenne /5, s.22/

Hyvänä etuna sarjahybridissä on sen mahdollistama napamoottorirakenne, jolloin sähkömoottori voidaan sijoittaa ajoneuvon pyörän sisään. Näin vältetään rikkoontuvan ja tilaa vievän vetoakselin käyttö. Yksinkertaisen rakenteen ja ohjaamisen, mutta painavan rakenteen vuoksi sarjahybridivoimansiirtoa on käytetty enimmäkseen raskaissa ajoneuvoissa, kuten linja-autoissa ja junissa. Sarjahybridin käyttö on parhaimmillaan työkoneissa, joissa on jo valmiiksi olemassaoleva dieselsähköinen voimansiirto. Optimaalisin käyttösovellus sarjahybridille on kaupunkilinja-auto, jossa moottorin kuormitusyksi on hyvin vaihtelevaa, mikä mahdollistaa hyvän

jarrutusenergian talteenoton. Sarjahybridissä polttomoottori ja sähkömoottori ovat mitoitettu molemmat tuottamaan maksimiteho.

3.2.2 Rinnakkaishybridi

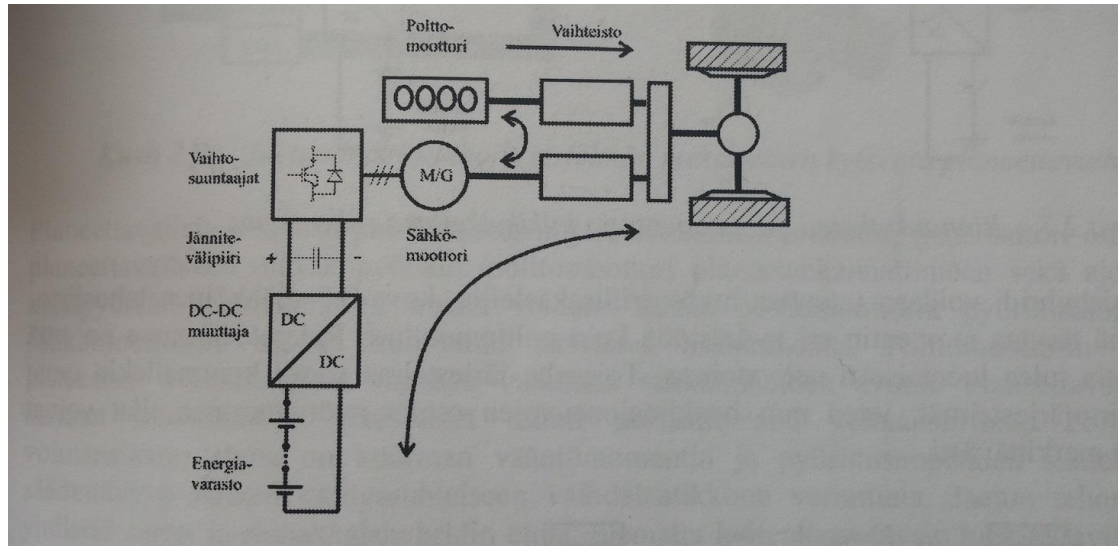
Rinnakkaishybridissä sähkö- ja polttomoottori tuottavat rinnakkain mekaanista tehoa kuormalle. Sähkömoottorin mekaaninen kytkentä toteutetaan välityssuhteella esimerkiksi vaihteen, hihnan tai ketjuhammaspyörän avulla. Yleisin sovellus rinnakkaishybridissä on sijoittaa sähkömoottori polttomoottorin vauhtipyörän yhteyteen. Rinnakkaishybridi mahdollistaa polttomoottorin, sähkömoottorin tai niiden yhteiskäytön voimanlähteenä. Kun sähkö-, ja polttomoottori ovat saman vauhtipyörän yhteydessä, koneet pyörivät aina samaan tahtiin. Sähkömoottori avustaa polttomoottoria esimerkiksi kiihdytyksissä ja ottaa talteen jarrutusenergian sekä ylimääräisen energian alhaisilla kuormatehoilla.



KUVA 5. Rinnakkaishybridivoimansiirron rakenne toteutettuna yhdellä vaihteistolla /5, s.24/

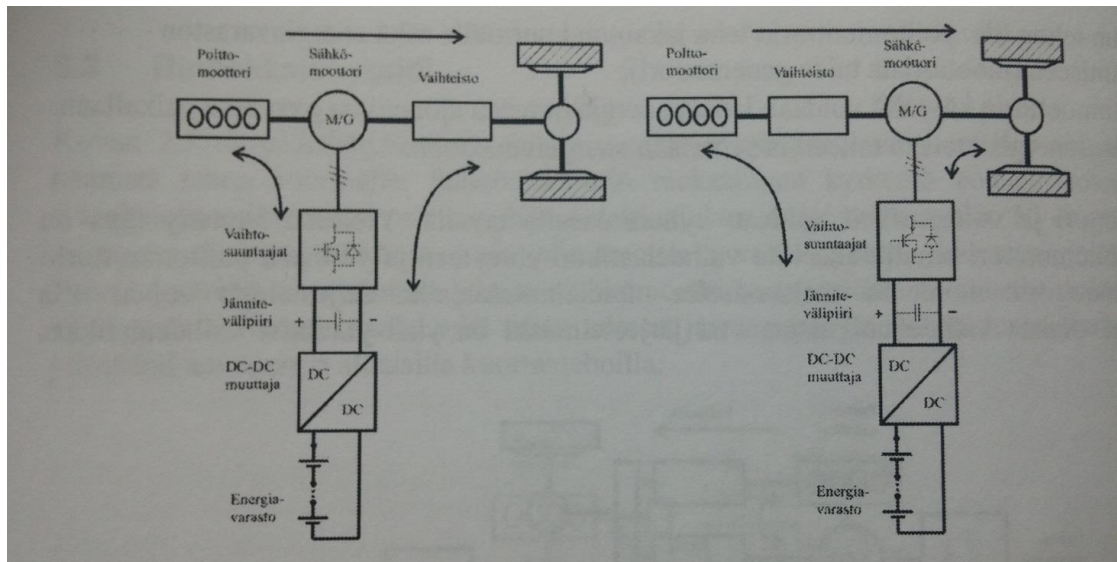
Rinnakkaishybridissä tarvitaan kaksi voimakonetta, jolloin säästytään energiaa hukkaavien muunnosten käytöltä. Rinnakkaishybridissä voidaan mitoitaa polttomoottori ja sähkömoottori kokoluokkaa pienemmiksi verrattuna saman tehon omaavaan sarjahybridisiin. Työkoneiden vaatimissa pitkissä työsykleissä vain polttomoottori mitoitetaan maksimiteholle, kun taas sähkömoottori mitoitetaan vain puolelle kuorman maksimitehosta. Rinnakkaishybridi mahdollistaa kompaktin koon ja

yhden pienen sähkömoottorin kahden suuren sähkömoottorin sijasta. Suurimpana haittana rinnakkaishybridissä on polttomoottorin mekaaninen kytkentä, jolloin polttomoottorin toimintaa ei voida rajoittaa parhaan hyötysuhteen alueelle. Toisena haittapuolena rinnakkaishybridissä on sen järjestelmä ja rakenne, jotka ovat sarjahybridiiä monimutkaisemmat.



KUVA 6. Rinnakkaishybridivoimansiirron rakenne toteutettuna kahdella vaihteistolla /5, s.25/

Rinnakkaishybridissä voimansiirto ja sähkömoottori voidaan kytkeä usealla eri tavalla. Yleinen tapa on sijoittaa sähkömoottori omalle akselilleen vaihdelaatikon yhteyteen ja yhdistää polttomoottorin ja sähkömoottorin momentti mekaanisella momentintasaajalla. Järjestelmä voi toimia niin, että moottorit toimivat omilla vaihdelaatikoillaan tai vaihtoehtoisesti yhdellä vaihdelaatikolla.

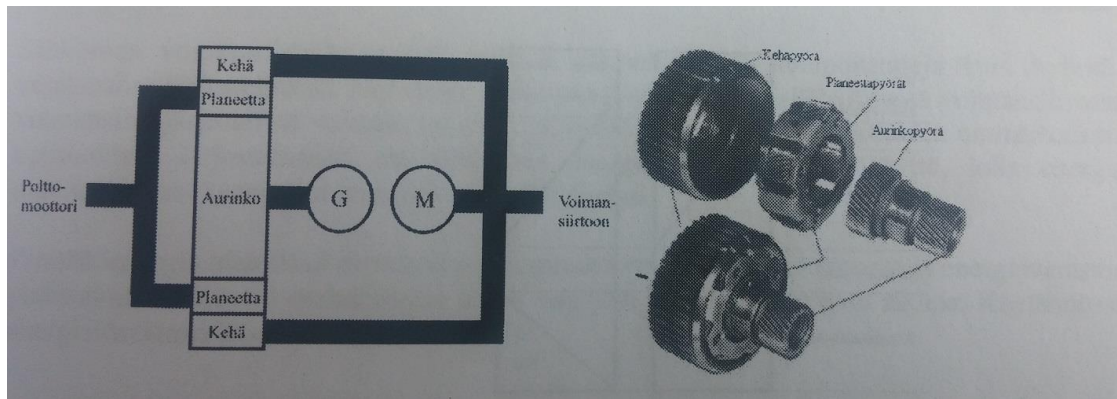


KUVA 7. Rinnakkaishybridivoimansiirron rakenne toteutettuna etu- ja jälkikytketyllä vaihteistolla /5, s.26/

Rinnakkaishybridin rakenne voidaan toteuttaa myös momentinvahvistuksella, joka on yleisesti käytetty kevythybrideissä. Vaihdelaatikko voidaan kytkeä etukytketyksi, jolloin polttomoottorin ja sähkömoottorin momentti kulkeutuu vaihdelaatikkoon ja sieltä voimansiirtojärjestelmään. Vaihdelaatikon ollessa jälkikytketty ainoastaan polttomoottorin momenttia voidaan säätää vaihteistolla, kun sähkömoottori on kytketty suoraan voimansiirtojärjestelmään.

3.2.3 Sekahybridi

Sarja- ja rinnakkaishybridistä on myös tehty sekahybridi, joka yhdistää molempien ominaisuuksia. Sekahybridin rakenne koostuu tavallisesti polttomoottorista, planeettavaihteesta ja kahden sähkökoneen yhdistelmästä. Sekahybridissä planeettavaihte yhdistää sähkökoneet ja polttomoottorin toisiinsa, jolloin ajomoottori on yhdistetty kehäpyörään, polttomoottori planeetankannattimeen ja generaattori planeettavaihteen aurinkopyörään. Rakenne mahdollistaa polttomoottorin pyörimisnopeuden säädön generaattorin avulla ja sähkömoottorin käytön avustavana kuormalle vaadittavaa lisämomenttia varten. Polttomoottorin käyttöaluetta voidaan rinnakkaishybridissä vapaasti vaikuttaa sähkökoneiden avulla. Planeettavaihteiston ja kahden sähkökoneen yhdistelmä toimii portaattomana voimansiirtona, jonka etuna on kuorman vääntömomentin ja pyörimisnopeuden vapaa säädettävyys verrattuna kiinteään välityssuhteen omaavaan vaihdelaatikkoon.



KUVA 8. Sekahybridivoimansiirron mekaaninen kytkentä planeettavaihteistolla /5, s.27/

Sekahybrididi yhdistää sarja- ja rinnakkaishybridin etuja. Sekahybridissä huonona puolena on se, että generaattori tulee mitoittaa vastaamaan polttomoottorin huippuvääntömomenttia. Huonona puolena sekahybridissä on rakenteen monimutkaisuus ja kalliit valmistuskustannukset. Mikäli sekahybridin generaattori tai sen elektroniikka rikkoutuu, koko voimansiirto menettää toimintakykynsä, kun rinnakkaishybridissä polttomoottorilla voidaan jatkaa silti ajoa, vaikka voimansiirron sähköinen osa olisi rikkoutunut.

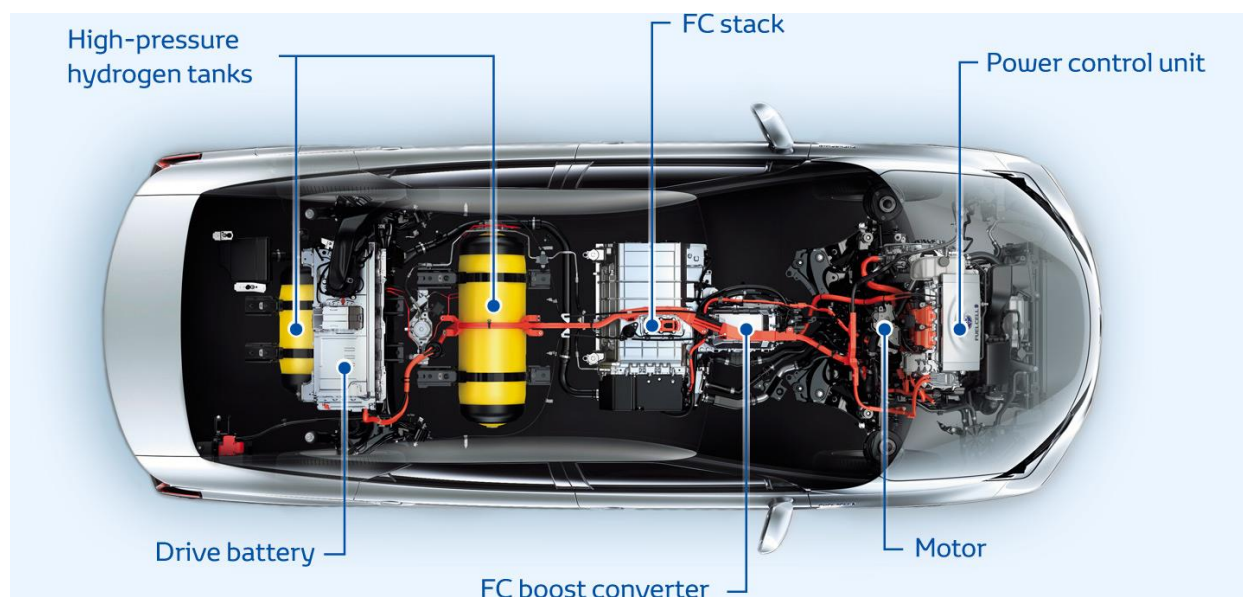
3.3 Polttokennoauto

Polttokennoauto eroaa tavanomaisista sähköautoista sillä, ettei siinä ole auton liikkumiseen tarkoitettua ajoakustoa. Polttokenno tuottaa vedystä sähköä ja lämpöä. Polttokennon tuottama reaktio tuottaa kemiallista energiaa sähköenergiaksi. Polttokennoa ei tarvitse ladata kuin akkuja, vaan syöttää reaktiossa tarvittavia aineita järjestelmään kuten polttomoottoriautossa. Polttokennoauton etuna on se, että se on hiljainen, siinä ei ole liikkuvia osia ja hyötysuhde on suhteellisen hyvä.

Polttokennotyyppejä on kehitelty jo useampia, joista PEM (Polymer Electrolyte Membrane) on osoittautunut toimivimmaksi ajoneuvokäyttöön. PEM-polttokenno perustuu rakenteeseen, jossa elektrolyytti on sidottu polymeerikalvoon. Vetyautossa vety syötetään tankkiin, josta ilmanottoaukkojen kautta tulevan ilman hapen kanssa tuotetaan sähköä kemiallisella reaktiolla polttokennostossa. Lähtötuotteena on puhdasta vettä, joka poistuu pakoputken kautta.

Tulevaisuudessa polttokennoautot tulevat todennäköisimmin kilpailemaan täyssähköautojen kanssa markkinoista. Polttokennoautojen yleistymistä estää niiden kalliit valmistuskustannukset, jotka johtuvat kalliiden jalometallien kuten platinan ja palladiumin käytöstä katalysaattorissa. Polttokennoautoissa heikkona puolena on sen polttoaine vety, joka on vaikea käsitellä kuljetuksen ja varastoinnin kannalta. Vedyn energiatiheuden on suhteellisen pieni, joten säiliöstä tulee varsin kookas riittävän toimintasäteen saavuttamiseksi. Riittävää huolellisuutta vetyautoilussa on myös kiinnitettävä auton tankkaukseen, sillä auto on maadoitettava huolellisesti staattisen sähkön aiheuttamien kipinöiden takia. /5, s. 130./

Vety on maailman yleisin ja kevein alkuaine joka mahdollistaa pitkän ajomatkan verrattuna esimerkiksi bensiiniin. 5 kg painava nestemäinen vety mahdollistaisi jopa 500 kilometrin ajomatkan. Vetyä saadaan tuotettua hyvin, sillä sitä voidaan valmistaa dieselistä ja uusiutuvista energioista kuten biopolttoaineesta. Hankalaksi vedyn käytön polttoaineena tekee sen olomuoto, joka on normaalissa ympäristöolomuodossa kaasumainen. Vetyä on fossiilisissa polttoaineissa, alkoholissa ja vedessä. Tällä hetkellä suosituin tapa tuottaa vetyä on muokkaamalla maakaasua tai elektrolyysin avulla. Mikäli vedyn tuotantolähteenä käytetään uusiutuvaa energiaa tai teollisuuden sivuprosessissa vetyä, on vetyautoilu verrattain energiatehokasta. /5, s. 127./



KUVA 9. Vetyhybriditekniiikan rakenne /10/

Polttokennoautoja on nykyisin myös toteutettu vetyhybriditeknikalla. Yksi niistä on Toyota Mirai, joka on sekä sarja- että täyshybridi. Täyshybridiksi auton tekee se, että polttokenno ei ole jatkuvasti käytössä vaan ainoastaan pienen kuormituksen aikana, kuten sammutettuna. /10./

4 YLEISET KATSASTUSTOIMENPITEET HENKILÖAUTOILLE

Seuraavissa luvussa esitellään henkilöautoille tehtäviä katsastustoimenpiteitä. Katsastustoimenpiteet ovat jaettu viiteen eri katsastusosiin.

4.1 Ajoneuvon tunnistaminen

Ajoneuvon valmistenumero tarkastetaan havaitsemalla meistoksen oikeellisuus ja luettavuus, joita verrataan rekisteröintitodistukseen ja valmistajankilpeen. Ajoneuvosta tarkastetaan, että siinä on olemassaoleva valmistajan kilpi ja sen täytyy vastata luettavuudeltaan ja oikeellisuudeltaan rekisteröintitodistusta. Rekisterimerkinnöistä käydään läpi ajoneuvon väri, tekniset tiedot ja mahdolliset erikoisehdot. /6, s. 12./

Ajoneuvon merkinnöistä käydään läpi käytön, ryhmän tai lajin tunnistemerkinnot kuten luvanvarainen käyttö, joista esimerkkinä voidaan mainita invataksi. Asiakirjapapereista katsastuksessa käydään läpi verot ja vakuutusmaksut ja tarkastetaan, että vaadittavat maksut ovat suoritettu. Katsastusta varten voidaan vaatia esimerkiksi voimassaoleva nelipyöräsuuntaus tai korin mittauspöytäkirja. Lisäksi ajoneuvosta tarkastetaan että rekisterikilpi on paikoillaan, se on selkeästi luettavissa, asianmukaisesti kiinnitetty ja oikean ajoneuvon. /6, s. 12./

4.2 Jarrut

Jarrujen osalta ajoneuvosta käydään läpi käyttöjarru, seisontajarru ja mahdollinen muu jarru. Auto otetaan ajoon, jolloin kokeillaan jarruttamalla polkimen laakerointi. Polkimen liikevara tarkastetaan, että se ei ole liian iso ja kunto yleisesti arvioidaan dynamometrillä. Mikäli autossa on opetuspoljain, sen toiminta tarkastetaan koeajossa ja dynamometrillä. Jos jarrujärjestelmässä on paineilmakompressorillinen jarru, sen kapasiteetti tarkistetaan erikseen, mikäli on aihetta. /6, s. 13./

Tarvittaessa dynamometrillä kokeillaan alipainejärjestelmän ja jarrutehostimen toiminta. Kompressorin tarkastuksen yhteydessä varoituslaitteiden ja painemittareiden toiminta tarkastetaan. Käsikäyttöinen pv-jarruohjausventtiili toiminta tarkastetaan joko sovitussajon tai Alb-testin yhteydessä. Ilma-, ja nestevuotojen varalta katsotaan silmämääräisesti ja kokeilemalla jarruventtiilit, siirtelyventtiilit, pikapäästöventtiilit, säätöventtiilit suodattimet ja muut kuuluvat osat. /6, s. 15./

Jarrunestesäiliö ja pakkassuojanestesäiliö tarkastetaan, että nestettä on riittävästi ja yli minimirajan. Jarrujärjestelmälle suoritetaan painekoe, jossa selvitetään pääsylinterin vuodot. Jarrujärjestelmän putkien ja letkujen osalta tarkastetaan että ne ovat ehjiä eivätkä vuoda nesteitä painamalla jarrupoljinta voimakkaasti. Jarrupalojen ja -kenkien kiinnitys tarkistetaan ja samalla katsotaan, että paloissa on riittävästi pintaa eikä jarrulevyt ole päässeet kulumaan liian ohuiksi. Mikäli ajoneuvossa on lukkiutumaton jarrujärjestelmä, sen toiminta katsotaan merkkivalojen perusteella, testerillä tai koeajolla. Lukkiutumattoman jarrujärjestelmän varoitusvalo ei saa jäädä palamaan kojetauluun. Lukkiutumattoman jarrujärjestelmän yhteyteen on joissakin autoissa kytketty ajovakaudenhallintajärjestelmä, jonka toiminta testataan merkkivaloilla tai testereillä. /6, s. 16./



KUVA 10. eCelica jarrudynamometrissä

Seisontajarrujärjestelmän osalta katsotaan toiminta dynamometrillä niin että vaadittava jarruvoima on saavutettavissa. Jarruvoima määritetään sallitulla käyttövoimalla, joka on käsikäyttöisenä 400N ja jalkakäyttöisenä 500N. Saman akselin jarruvoimien ero ei saa ylittää 70 %. Uudemmissa ajoneuvoissa käytettävä sähkötoiminen seisontajarrun toiminta tarkastetaan merkkivalon ja valmistajan ohjeiden perusteella. Seisontajarrussa oleva lukitussalpa pitää lukittautua, ja vivun liike ei saisi olla yli neljäsosaa kokonaisliikematkasta. Liiallisen kuluman kannalta tarkastetaan myös seisontajarrun jarruvaijereiden, vipujen ja tankojen lukitukset silmämääräisesti. /6, s. 17./

4.3 Valaisimet ja varusteet

Olellaisena osana katsastuksessa valaisimien ja varusteiden toiminta. Heijastimien olemassaolo, kunto ja säännönmukaisuus tarkistetaan silmämääräisesti. Heijastavissa merkinnöissä kiinnitetään huomiota myös säännöstenmukaisuuteen. Takavalaisimien, jarruvalaisimien, keskijarruvalaisimien, suuntavalaisimien ja muiden valaisimien kohdalla noudatetaan samoja sääntöjä kuin heijastimissa, joiden lisäksi toiminta ja kytkentä tarkastetaan. Lähivalaisimissa huomiota kiinnitetään valokuvioon, sen korkeuteen ja suuntaukseen. Ajovalon heijastuspinta ja lasi pitää olla pääosin ehjiä. /6, s. 18./

Lähivalojen korkeudensäätölaite tuli pakolliseksi ajoneuvoihin 1995 vuodesta alkaen, jolloin järjestelmän pitää toimia. Uudemmissa ajoneuvossa olevat kaasupurkausvalot vaativat myös automaattisen korkeudensäätölaitteen 1.10.2000 alkaen sekä pesulaitteen. Kaukovalaisimien osalta silmämääräisesti ja testerillä tarkistetaan niiden olemassaolo, kunto, säädöstenmukaisuus ja kytkentä. Muiden valaisimien, kuten peruutusvalon, takasumuvalon ja sumuvalojen, toiminta katsotaan silmämääräisesti. /6, s. 20./

Tärkeänä osana auton katsastuksessa voidaan pitää välttämättömien turvavarusteiden toimintaa. Turvavyöt ja niiden kiristimet on oltava hyväksytyntylaiset, vyön oltava kunnossa ja kelan lukituksen toimittava. /6, s. 22./

4.4 Alusta ja ohjaus

Auton alustasta tärkeimpänä tarkastettavana seikkana voidaan pitää nivelien ja tukitankojen kuntoa sekä ja ohjaukseen vaikuttavien nivelien välyksiä. Takakseliston osalta tarkastetaan akseliston kiinnitys, ruostevauriot, kallistuksenvakaajien kiinnitys, mahdolliset välykset, tukitankojen kiinnitykset ja takanapojen laakerivälykset, vauriot ja rakennemuutokset. /6, s. 26./

Alustan osalta tarkastetaan myös pakoputkiston kunto. Olennaisena osana pakoputkiston kunnosta tarkastetaan kiinnitys, tiiveys, sijoitus ja suuntaus. Pakoputkiston täytyy myös täyttää tietty äänenvaimennuskyky ja säännöstenmukaisuus. Pakoputkiston tarkastus tehdään silmämääräisesti ja päästömittauksen perusteella. /6, s. 27./

Jousituksen osalta tarkastetaan joustovara, jousten kunto ja symmetrisyys. Mikäli ajoneuvossa on lehtijouset, niiden helat, tuentojen liukupinnat ja riipukkeiden kunto katsotaan. Heilahduksenvaimennuksen osalta katsotaan iskunvaimentimien kiinnitys, vuodot ja vaimennuskyky. /6, s. 28./

ISKUNVAIMENNINTESTI			
vas. etu	74 %	oik. etu	76 %
vas. taka	56 %	oik. taka	57 %
<input checked="" type="checkbox"/> hyväksytty		<input type="checkbox"/> hylätty	

KUVA 11. eCelican iskunvaimennintesti

Iskunvaimentimien tehoa voidaan arvioida iskunvaimentimen testauslaitteella, silmämääräisesti, kokeilemalla, koeajon aikana ja välystentarkastuslaitteella. Auto ajetaan iskunvaimennintestauslaitteiston päälle, jolloin testilaitte testaa

iskunvaimenninkyvyn. Iskunvaimenninkyky määritellään autokohtaisesti. Iskunvaimentimilla ei saa olla suurta vaimennuskyvyn eroa akselikohtaisesti mitattaessa akselikohtaisesti. /6, s. 28./



KUVA 12. eCelican iskunvaimennintestauslaitteiston päällä

Alustasta käydään läpi akseliston kiinnityskohtien rungon, lattian ja pohjalevyrakenteen vauriot korroosion varalta. Tarkastaessa vaurioita voidaan käyttää ruostehakkua. Ruostevaurioita ja niiden suuruutta etsiessä kiinnitetään huomiota ajoneuvon rakenteeseen, joka voi olla itsekantava kori tai erillisrungollinen. /6, s. 29./

Polttonestesäiliön ja polttoaineideputkien osalta tarkastetaan niiden kunto, kiinnitys, tilavuus ja muu säännöstenmukaisuus. Polttonestesäiliö ei saa olla palovaarallinen, eikä se saa vuotaa polttoainetta. /6, s. 30./

Renkaiden ja vanteiden osalta tarkastetaan kulutuspinnan riittävyys, kudusrakenteen eheys, kantavuus, renkaan merkinnät ja muu säännöstenmukaisuus. Renkaiden kulutuspinnan on oltava kesärenkaissa vähintään 1,6 mm ja talvirenkaissa 3,0 mm. Nastarenkaissa ei saa olla yli 25 % nastaeroa parhaimman ja huonokuntoisimman renkaan välillä. Ajoneuvon rengaskoot on merkitty rekisteriotteeseen. Ilman muutoskatsastusta sallitaan yhden tuumakoon suuremman renkaan käyttö kuin

rekisteriotteessa mainittu rengaskoko. Vanteissa huomiota kiinnitetään sen eheyteen ja kiinnitykseen pyörännapaan. /6, s. 30./

Roiskesuojien ja roiskeläppinen osalta tarkastetaan suojien ja läppien suojaavat ominaisuudet, kiinnitykset ja olemassaolo. M1-, N1- ja G-luokan ajoneuvoissa roiskeläppien olemassaolo ei ole pakollista. /6, s. 31./

Etuakseliston kohdalla tarkastetaan etupyörien tuentapisteiden, akselistopalkiston, tukivarsien, tukirankojen, nivelien, laakerointien, olka-akselien, olkatappien ja kallistuksenvakaajan kiinnitys ja kunto sekä rakenteelliset muutokset. Vikoja tutkitaan käsin ravistamalla, silmämääräisesti ja ravistinlaitteella. Etuakseliston tarkastus kohdistuu pääosin välyksien, ruostevaurioiden ja akseliston kiinnityksien etsimisestä. Pyörien ja akselin asentokulmat katsotaan silmämääräisesti tai tarvittaessa mittaustodistuksella. /6, s. 32./

Ohjauslaitteiston kohdalla tarkastetaan ohjauslaitteiston osien toiminta, kunto ja kiinnitys. Pyörien vapaa kääntyminen testataan kääntelemällä rattia, samalla ohjaustehostimen toiminta saadaan testattua. /6, s. 35./

Korin kunnossa kiinnitetään huomiota korroosiovaurioihin. Korin kunto, kiinnitys, mitoitus ja varustelu tarkastetaan silmämääräisesti, ruostehakulla tai rengasraudalla painelemalla. Korissa ei saa olla teräviä reunoja tai suuria vaurioita. Mikäli korissa tai sen rakenteissa on tuntuja ruostevaurioita, ajoneuvo hylätään. /6, s. 35./

4.5 Koeajo

Koeajo tehdään normaalisti heti katsastuksen alkuvaiheessa, ja sen perusteella tehdään alustava käsitys ajoneuvon kunnosta. Hallintalaitteet tarkastetaan niiden sijoituksen, kunnan, toiminnan ja havainnollisuuden sekä turvallisuuden kannalta. /6, s. 37./

Peilien kunto tarkastetaan silmämääräisesti ja huomiota kiinnitetään niiden sijoitukseen, kuntoon ja hyväksymismerkintöihin. /6, s. 37./

Korin sisustuksessa tarkastettavia kohteita ovat sisäturvallisuus, paloturvallisuus, istuimet, pääntuet ja mahdollinen turvakaari. Esimerkiksi istuimien kiinnitys on oltava riittävän luja ja selkänöjan lukitusmekanismin toimittava. /6, s. 37./

Tuulilasin on oltava säännöstenmukainen, kunnossa ja tummentamaton. Kuljettajan näkökentässä ei saa olla säröjä eikä halkeamia, jotka estävät näkyvyyttä. Tuulilasin ja etusivuikkunoiden edessä ei saa olla tummennuskalvoja eikä näköesteitä. Heijastavat ja peilaavat kalvot ovat kiellettyjä jokaisessa ikkunalasissa. /6, s. 38./

Äänimerkinantolaite todetaan olemassaolevaksi, kunnossa olevaksi ja säännöstenmukaiseksi painamalla äänitorvea. Voimansiirtolaitteen toimintaa kokeillaan alustan tarkastuksen lisäksi myös koeajon yhteydessä. Vaihteiston toimivuus tarkastetaan toimintahäiriöiden varalta. /6, s. 39./

Koeajon perusteella selvitetään ajoneuvon ohjauksen mahdollinen puoltaminen, välyksellisyys ja ohjauksen palautuminen. Ohjaus ei saa takerrella eikä olla tarpeettoman jäykkä. /6, s. 39./

Lukkolaitteen ja luvattoman käytön estävän laitteen kannalta tarkastetaan ohjauslukon toiminta ja ajonestolaitteen toimivuus. Lukkolaite ei saa kytkeytyä päälle ajoneuvon ollessa käynnissä. /6, s. 39./

5 MUUNNOSSÄHKÖAUTO ECELICA

Muunnossähköauto eCelica on Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelijoiden toteuttama sähköauto koulun käyttöön. Auto on muutettu tieliikennerekisteröidystä bensiiniautosta täyssähköautoksi.

5.1 Projektiin valmistautuminen

Muunnossähköautosta oli ollut aiemmin puhetta, ja tiedossa oli, että seuraavan vuosikurssin opiskelijat olivat aloittaneet muunnossähköauton rakentamisen. Auto oli kuitenkin prototyypivaiheessa ja ensimmäisien satojen kilometrien aikana auto oli mennyt rikki voimansiirron osalta. Ennestään tiedossa oli, että autossa on vielä

runsaasti kehitystyötä ja rakennettavaa jäljellä. Ilmoittauduimme Matti Lamminahon kanssa vapaaehtoisiksi autonrakentajiksi projektipäällikkö Teemu Manniselle.

Projektia aloittaessa auton keskeneräisyydet selvitettiin, ja autoon tutustuttiin syvällisemmin. Tärkeintä oli selvittää kaikkien komponenttien toiminta ja pääkytkennät, jolloin mahdollisilta kytkentähäiriöiltä välttyttäisiin. Eri komponenttien tarjoamat käyttöohjeet selvensivät niiden toimintaa.

5.2 Toimenpiteet katsastuskuntoon saattamiseksi

Voimansiirron korjaamisen lisäksi autossa oli kehitystyönä latausjärjestelmä, energiatehokkuuden parantaminen, huurteenpoistojärjestelmä ja rekisteröinti sekä muutoskatsastus. Autoon kehitettiin uusi latausjärjestelmä, jolla saimme akut latautumaan testiajoja varten. Energiatehokkuutta autoon lisättiin vaihtamalla polttimoita vähemmän tehoa kuluttaviin led-valaisimiin. Ajomatkan mittaukseen kehitelimme akustolta moottorinohjaimelle lähtevään virtakaapeliin hall-anturilla toimivan mittarin, mikä kertoo kuljettajalle reaaliaikaisen jäljellä olevan ajomatkan.



KUVA 13. eCelican kosketusnäyttöpaneeli ajomatkan mittauksella

Jotta auto saataisiin tieliikennekeloiseksi, oli autoon rakennettava toimiva huurteenpoistojärjestelmä. Sähköauton korkean hyötysuhteen vuoksi lämpöhäviöt ovat pieniä ja usein riittämättömiä sisätilojen lämmittämiseksi. Tieturvallisuuden

kannalta oleellisena seikkana on huurteenpoistojärjestelmä, mikä pitää sähköautoissa olla huomioitu. Meidän tapauksessamme huurteenpoistojärjestelmä toteutettiin sähkölämmittimellä, joka integroitiin osaksi koko auton jäähdytysjärjestelmän nestekiertoa. Koska lämmittimen käyttöjännite oli 110 Vdc, täytyi virtakaapelit olla oranssin väriset.

Suurimpana huolenaiheena projektissa oli auton Suomen tieliikenteen mukaiseksi saattaminen. Suurta selvitystyötä tarvittiin lukiessa sähköautoja koskevia standardeja ja lakipykälää. Muunnossähköautoja koskevia viranomaismääräyksiä ovat EY-direktiivit eli EU:n vaatimukset ja E-säännöt. Sähköautolle tehtävät katsastustoimenpiteet ovat pitkälti samanlaiset kuin mille tahansa polttomootoriautolle.

Ennen katsastusta auto käytiin perinpohjaisesti läpi, jotta katsastuksessa tulisi mahdollisimman vähän korjauskehoituksia. Ajoimme autolla lukuisia kilometrejä testiajoja, millä varmistimme auton toimivuuden myös katsastustilanteessa. Testiajojen aikana huomasimme, että osa ajoakuista kuumenee yli sallitun 40 asteen. Onneksemme akusto asennettiin hyvin huoltovapaaseen paikkaan takapenkkien kohdalle, joka mahdollisti akuston huollon ja tarkkailun. Ylikuumenevien akkujen tiedon saimme PCTool- ohjelmasta, jonka jälkeen käytimme kuumenevien akkujen paikantamisessa apuna lämpökameraa. Akunnavat hiottiin, jotta oksidioitunut pinnoite kupariliuskojen päällä saatiin poistettua.

5.3 Muunnossähköauto eCelican katsastus

Aihiona eCelicassa oli aiemmin Suomen tieliikenteessä rekisteröity M1-luokan ajoneuvo. Sähköautoksi muutettu auto on ennen tieliikenteessä hyväksyttävä määräaikaikatsastuksessa ja muutoskatsastuksessa. Useimmin käytetään muutoskatsastusmenettelyä, kun lähtökohtana on tieliikenteeseen aiemmin rekisteröity auto. Muutoskatsastusmenettelyä voidaan käyttää silloin kun kanta-ajoneuvon vaihdettujen osien osuus jää alle 50 prosentin. Tavallisesti muunnossähköautossa prosentit jäävät alle 50 prosentin, sillä esimerkiksi moottori apulaitteineen katsotaan 26 prosentin muutokseksi.

Jos vähintään 50 prosenttia kanta-ajoneuvon osista vaihdetaan, täytyy ajoneuvo rekisteröidä uutena ajoneuvona. Uudeksi autoksi rekisteröinti on muutokatsastusmenettelyä vaativampi tapa, sillä silloin ajoneuvolle pitää tehdä yksittäishyväksyntä. Etenkin vanhan auton yksittäishyväksyntä on vaativaa, koska yksittäishyväksyntyn auton on täytettävä lähes kaikki nykyisin olevat viranomaisvaatimukset. /7./

eCelica oli projektin aloittamisen jälkeen poistettu tieliikennekäytöstä sen ajaksi kunnes auto saataisiin muutettua sähkömoottorilla toimivaksi. Tieliikenteestäpoiston aikana määräaikaiskatsastus umpeutui, ja auto katsastettiin normaalin katsastusajan ulkopuolella. Auton muuntaminen polttomoottoriautosta sähkökäyttöiseksi ja katsastuskuntoon saamiseksi meni lopulta noin 2,5 vuotta.

Ensimmäisellä katsastuskerralla eCelica ei läpäissyt katsastusta neljän korjauskehoituksen takia. Korjauskehoitukset tulivat etuvalojen suuntauksesta, jotka olivat suunnattu 10 astetta liian ylös. Korjauskehoitus tuli myös palamattomista rekisterikilven valoista ja peruutusvalojen toimimattomuudesta peruutettaessa. Ihmettelyä katsastuksessa aiheutti auton jarrudynamometrille ajo. Kun etuakselisto ajettiin rullien päälle, alkoi moottori normaalisti regeneroimaan, mikä aiheutti väärät mittaustulokset etupään jarrutuloksille. Regeneroinnin aiheuttamasta jarrujen laahausilmiöstä päästiin eroon ottamalla regenerointi mittausten ajaksi pois. Katsastuskerralla emme vielä olleet laatineet Trafille vaadittavaa osaluettelo. Ensimmäisen katsastusyrityksen tulokset ja havaitut puutteet löytyvät liitteestä 1.



KUVA 14. eCelica katsastuksen jälkeen rekisterikilvet paikoillaan

Uusintakatsastukseen olimme korjanneet kaikki edellä mainitut viat ja auto läpäisi määräaikaikatsastuksen. Määräaikaikatsastuksen tarkastuskortti on nähtävänä liitteessä 3. Kun määräaikaikatsastus oli hyväksytysti suoritettu alkoi auton muutoskatsastus.

5.4 Muutoskatsastus.

Käyttövoiman muutos ajoneuvossa vaatii aina muutoskatsastuksen. Muutoskatsastuksessa esitetään selvitys käytetyistä osista ja osien sopivuuksista muutoskatsastettavaan autoon. Osien kiinnitystavoista, mahdollisista vahvikkeista ja runkomuutoksista tehdään selvitys. Katsastaja tarkistaa auton runkomuutokset niin, että ne ovat tehty asianmukaisesti.

Muutoskatsastuksessa punnitaan ajoneuvon etu- ja taka-akselin massat, jonka jälkeen uusi omamassa ja akselimassat merkitään rekisteriotteeseen. Kantavuudet määritellään, jolloin auton valmistajan määräämästä kokonaismassasta vähennetään auton punnittu omamassa. Jos auton omamassa on kasvanut muunnostyön aikana, pienenee myös auton kantavuus. Mikäli omamassa kasvaa kasvaa radikaalisti, voi se tarkoittaa matkustajapaikkojen poistamista, kuten eCelicassa on tehty.

Muutoskatsastuksen prosenttien on oltava alle 50, jotta muutoskatsastusmenettely onnistuu. Joskus autossa voi ennestään olla muutoskatsastusprosentteja pohjalla johtuen esimerkiksi kolarikorjauksista. Sen takia ehjääkin autoa muutoskatsastaessa voidaan joutua yksittäishyväksyntämenettelyyn.

Jos ajoneuvo on EY-tyyppihyväksytty, sitä ei saa muuttaa niin, ettei tyyppihyväksyntämääräykset eivät täyty. EY-tyyppihyväksytyjä autoja ovat kaikki autot, jotka ovat rekisteröity 1.1.1998 jälkeen, osa vanhemmista autoista saattaa silti olla tyyppihyväksytyjä aiemmin.

Ecelica-sähköautossa auton omamassa kasvoi 1415 kilogrammaan. Alunperin Toyota Celican omamassa oli rekisteriotteen mukaan 1175 kg. Mikäli auto olisi jätetty nelipaikkaiseksi olisivat akselimassat todennäköisesti ylittyneet. Valmistajan kertomia akselimassoja ei saa ylittää, jotka ovat Celicassa 960 ja 940 kg. Auton kasvavaa omamassaa kompensoitiin poistamalla takaistuimet, polttomoottori ja polttomoottorin oheislaitteet. Auton kaksipaikkaiseksi muuntamista puolsi myös ajatus paremmasta akselimassojen jaosta, sillä akkupaketin rakentaminen kokonaan taakse olisi lisännyt taka-akselin massaa reilusti. Painopiste eCelicassa saatiin kontrolloitua hyvin keskelle ja auto muuttui etupainoisesta autosta tasapainoisemmaksi. Auton paremman käyttäytymisen tuntee etenkin liukkaalla hyvin, sillä auton ”puskeminen” eli aliohjautuminen ei paremman painopisteen jälkeen ole enää niin voimakasta. Ecelican muutoskatsastuksen tarkastuskortti löytyy liitteestä 4.

5.5 Osaluettelo

Autoa muutoskatsastaessa liikenteen turvallisuusvirasto Trafi vaatii vaihdetuista osista osaluettelon. Ensimmäisenä osaluetteloon merkitään ajoneuvon tiedot eli rekisterinumero ja valmistenumero. Osaluetteloon merkitään katsastajan kanssa kaikki kanta-ajoneuvosta poikkeavat rakenteelliset muutokset. Osaluetteloon merkitään myös osat, jotka ovat poistettu tai osat, jotka on korvattu vaihtoehtoisella sovelluksella. Muunnossähköautossa esimerkiksi moottorin merkki ja malli on mainittu osaluettelossa. Osaluettelon kuuluisi olla mahdollisimman tarkka, mutta jokaista pientä vaihdettua osaa tai muokkausta ei tarvitse mainita. Sähköauton kohdalla mainittavimmat muutokset ovat moottori, sitä ohjaava moottorinohjain ja mahdolliset runkomuutokset.

Autojen (M₁- ja N₁-luokka) prosenttitaulukot

1. Kori varusteineen¹	34 %	4. Akselistot⁶	8 %
- korikehikko ²	22 %	- etuakselisto	4 %
- katto	2 %	- taka-akselisto	4 %
- takalokasuojat	1 % / kpl	5. Sisustus	4 %
- etukansi	1 %	- istuimet ⁷	2 %
- takakansi	1 %	- kojelauta	2 %
- etulokasuojat ³	1 % / kpl	6. Valaisimet	4 %
- ovet ⁴	4 %	- etuvalaisimet	2 %
- puskurit	0,5 % / kpl	- takavalaisimet	2 %
- etusäleikkö	1 %	Kohdat 1.-6. yhteensä	100 %
- lämmityslaitte ⁵	2 %		
2. Runko- tai pohjalevy¹	24 %		
3. Moottori apulaitteineen	26 %		
- moottori	14 %		
- vaihteisto ja voimansiirto akseli	8 %		
- jäähdytin	2 %		
- polttoainesäiliö	2 %		

KUVA 15. autojen muutosprosenttitaulukko /12/

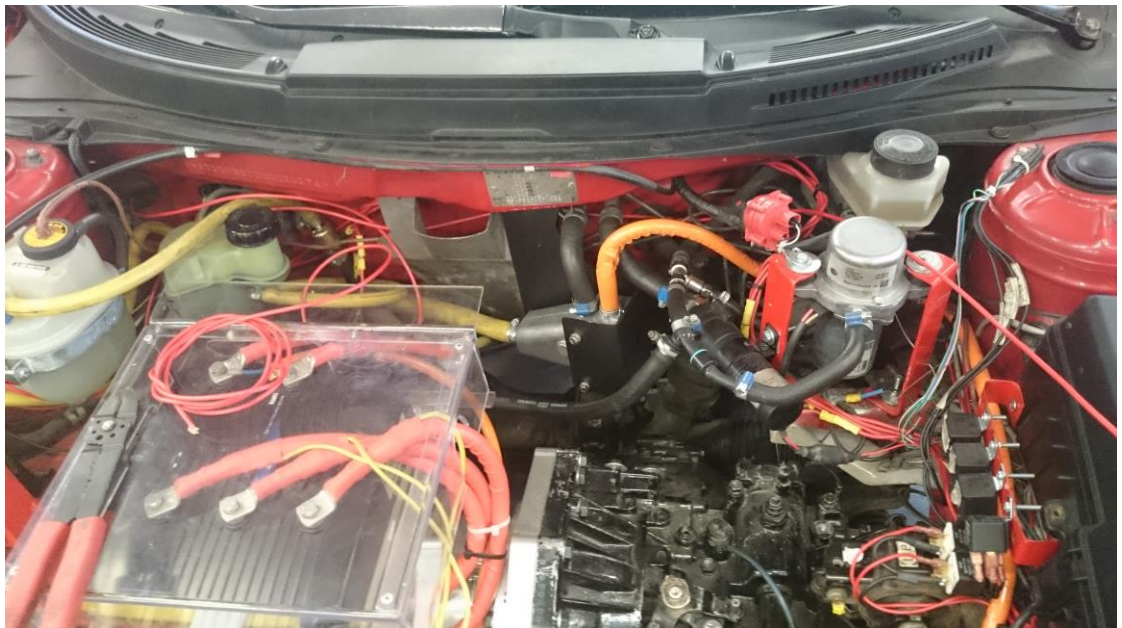
Ajoneuvon prosenttitaulukko on toteutettu niin, että koko auto on jaettu kuuteen eri osioon. Osiot ovat kori varusteineen, runko tai pohjalevy, moottori apulaitteineen, akselistot, sisustus ja valaisimet. ECelicaan muutoksia tuli ensimmäiseen osioon lämmityslaitteen vaihdos sähkökäyttöiseen Defa Safestart -lämmittimeen. Toiseen osioon eli rungon ja pohjalevyn muutoksiin kirjattiin moottorin kannakepalkin muokkaaminen. Suurimmat muutosprosentit keräsi kolmannes osio, eli moottori apulaitteineen. Kyseiseen osioon tuli maininnoiksi sähkömoottorin merkki ja malli, jäähdyttimen poisto ja polttoainesäiliön poisto, joka korvattiin akustolla. Kolmannen osion muutoksista kertyi muutosprosentteja 18. Akseliston osalta autoon ei muutoksia tullut, joten neljäs osio pysyi ennallaan. Viidenteen, sisustuksen osioon prosentteja tuli yksi takaistuimien poistosta johtuen. Yhteensä muutosprosentteja eCelicaan tuli 20,5. Lopuksi tiedot täytyy todistaa oikeaksi ajoneuvon omistajan tai haltijan toimesta. Trafille tehty osaluettelo eCelicaa varten on nähtävillä liitteessä 2.

5.6 EMC-mittaus

Markkinoilla olevien autojen pitää suorittaa EMC-mittaus tullessaan markkinoille. Emc-mittausta ei kuitenkaan vaadita itsetehdyissä muunnossähköautoissa, kuin vasta

01.10.2002 jälkeen käyttöön otetuissa autoissa. EMC- yhteensopivuus tarkoittaa niitä olosuhteita, menetelmiä ja määräyksiä, joilla sähköinen osa voi toimia toisen sähköisen järjestelmän kanssa niin, että ne eivät aiheuta häiriötä toisilleen. Näitä voivat olla nykyisissä polttomoottoriautoissa sähköinen sytytysjärjestelmä, ruiskujärjestelmä, ABS-järjestelmä, turvatyyny ja valot. Hybridi- ja täyssähköautoissa määräykset pitää toteutua koko järjestelmän osalta. EMC-vaatimusten täytyminen onkin sähköautoissa vaativampaa, sillä ne sisältävät enemmän häiriötä aiheuttavia sähkölaitteita ja tehontarve on suurempi. EMC yhteensopivuus perustuu EMI:n standardeihin, jotka määrittelevät häiriöolosuhteet ja rajat häiriöille. Teknisesti tarvitaan kolme osa-aluetta, jotka mahdollistavat EMI-häiriöt. Osa-alueet ovat häiriöiden synnyttäjä eli lähde, häiriöiden siirto tai kytkentä eli siirto ja häiriintyvä laite eli kohde.

Häiriöt syntyvät laitteiden välillä johtumalla, induktiivisesti tai kapasitiivisesti. Johtumishäiriöt syntyvät galvaanisen yhteyden välityksellä. Induktiivinen häiriö syntyy magneettikentän välityksellä esimerkiksi kahden johtimen ollessa lähekkäin toisiaan. Kapasitiiviset häiriöt aiheutuvat hajakapasitanssin vaikutuksesta, jotka ovat tavallisesti pieniä, mutta merkittäviä jos käytetään suuritaajuuksisia signaaleja. /5, s. 34./



KUVA 16. eCelican päävirtakaapelit häiriösuojattuna

ECelicassa aihio oli valittu niin, että EMC-mittausta ei tarvinnut tehdä. Häiriöitä kuitenkin pyrittiin estämään maadoittamalla päävirtakaapelien vaipat. Päävirtakaapeleissa kulkee auton suurimmat virrat, joten häiriösuojauksen niissä on perusteltua. Tulevaisuudessa muunnossähköautojen rakentaminen tulee todennäköisesti hankalammaksi, sillä EMC-mittauksia aletaan vaatia yhä enemmän. Muunnossähköautoissa käytettävien komponenttien tulee läpäistä EMC-vaatimukset, mikä tekee komponenttien valinnoista vaikeampaa.



KUVA 17. Valmis sähköauto eCelia

6 POHDINTA

Projektin alkuvaiheessa oli jo muodostunut käsitys, että opinnäytetyö tulee vaatimaan paljon työtunteja auton parissa. Projektin kanssa muodostui vahva käsitys sähköautoista, ja mielenkiinto niitä kohtaan kohosi entisestään. Projektin aikana oppi runsaasti uusia asioita niin autojen tekniikasta kuin sähkötekniikan sovelluksista. Suuria takapakkeja projektissa ei tullut, mikä mahdollisti auton kuntoonsaamisen määräaikaan mennessä.

Projekti voidaan katsoa onnistuneeksi. Auto saatiin rekisteröityä ja muutokatsastettua Suomen tieliikenteeseen. Sähköautojen tekniikka nykyisillä automarkkinoilla on vielä suhteellisen uutta, joten uusia katsastussäädöksiä ei ole ehditty vielä laatimaan. Suurimmat vastoinkäymiset käytiin osien odottelujen ja tiukan aikataulun kanssa. Uusi voimansiirtojärjestelmä moottorin ja vaihdelaatikon välille saatiin toimimaan ja tulee kestämään sähkömoottorin antaman korkean vääntömomentin.

Sähköauton rakentaminen on kaiken kaikkiaan pitkä prosessi. Jo pelkästään eri komponenttien hankinta ja yhteensopivuuden toteaminen vie paljon aikaa. Lisäksi sähköauton rakentaminen vaatii huolellista perehtymistä autotekniikkaan ja mekaniikkaan.

Tulevaisuudessa itse tehtyjen sähköautojen rakennus todennäköisesti hankaloituu. Tällä hetkellä sähköauton saa rakentaa itse, mutta esimerkiksi autokorjaamolla sähköautoja saa korjata vain siihen koulutettu henkilö. Projekti osoittaa, että toimivan sähköauton voi rakentaa itse. Projektin työmäärään ja kustannuksiin nojaten sähköauton rakentaminen ei kuitenkaan täysin ole kustannustehokasta.

Tällä hetkellä autolla on ajettu sähkömoottorin avulla jo 2400 km, ja auto on toiminut moitteettomasti. Tulevaisuudessa kehitystyötä auton parissa voidaan vielä jatkaa ja jatkojalostaa autoa entistä paremmaksi. Autoa rakentaessa tuli uusia kehitysideoita ja niitä tullaan ehkä tulevaisuudessa toteuttamaan uusien opiskelijoiden toimesta.

LÄHTEET

1. Ikonen, Markku. Aja taloudellisesti. Turku. Turun ammattikorkeakoulu. 2013
2. Rantanen, Kalevi. Sähköautoissa kinkkisin on akku. Tiede.fi.verkkodokumentti. http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/sahkoautossa_kinkkisin_on_akku. Ei päivitystietoa. Luettu 12.4.2015.
3. Sähköinen liikenne. Suomen julkiset latauspisteet. Verkkosivu. <http://www.sahkoinenliikenne.fi/suomen-julkiset-latauspisteet> Ei päivitystietoa. Luettu 16.3.2015.
4. Linja-aho, Vesa. Sähkö- ja hybridiajoneuvojen sähkötyöturvallisuus. Autoalan koulutuskeskus. 2012.
5. Hietalahti, Lauri. Sähkökäyttö- ja hybriditeknikka. Tampere. Tammertekniikka. 2011.
6. Trafi. Katsastuksen arvosteluperusteet. PDF-dokumentti. http://www.trafi.fi/filebank/a/1324987187/858c972b1171a45d3665e693e65b8fcb/4692-Katsastuksen_arvosteluperusteet.pdf Ei päivitystietoa. Luettu 16.4.2015.
7. Sähköauto –Nyt!. Verkkosivu. <http://www.sahkoautot.fi/wiki:saehkoehenkiloeautokonversion-vaatimukset> Päivitetty 21.10.2010. Luettu 14.3.2015.
8. Motiva. Sähköautot. Verkkosivu. http://www.motiva.fi/liikenne/henkilautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvoteknikka/moottoritekniikka/sahkoautot Päivitetty 15.7.2015. Luettu 10.2.2015.
9. Scientific American. Verkkosivu. <http://www.scientificamerican.com/article/secretive-company-claims-battery-breakthrough/> Päivitetty 20.8.2014. Luettu 10.2.2015.
10. Toyota Global. Verkkosivu. http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/ Ei päivitystietoa. Luettu 26.4.2015.
11. Auto-Outlet. Verkkosivu. <http://poronplugari.fi/fi-fi/article/uutiset/tesla-model-s-tayssahkoauto-huippuominaisuuksilla/22/#> Päivitetty 7.2.2015. Luettu 10.2.2015.
12. Trafi. Verkkosivu. Osaluettelo. <https://lomake.fi/b/ec/lomakepalvelu/download?s=8U0WUiZQ0QDNhR6&id=13503%2FCB4F4296AD71E2E27C05B4372C229F25&type=statics> Päivitetty 1.2.2015. Luettu 27.3.2015.

Katsastus Oy
Uusitie 1
50600 Mikkeli

TARKASTUSKOHEET

A. TUNNISTAMINEN

	0	1	2	3
1 Valmistenumero				
2 Rekisterimerkinnot				
3 Asiapaperit				
4 Rekisterikilpi				

B. JARRUT

1 Käyttöjarru				
2 Seisontajarru				
3 Muu jarru				

C. VALOT JA VARUSTEET

1 Heijastimet				
2 Takavalot				
3 Jarruvalot				
4 Suuntavalot				
5 Rek.kilven valot			X	
6 Turrusvalot				
7 Etuvalot				
8 Lähivalot			X	
9 Kaukovalot				
10 Muut valot			X	
11 Varoituskolmio				
12 Turvavarusteet				
13 Nopeudenvalvonta				
14 Muut laitteet ja varusteet				
15 Pakokaasupäästöt				
16 Öljyvuodot				

D. ALUSTA JA OHJAUS

1 Taka-akselisto				
2 Pakoputkisto				
3 Jousitus				
4 Iskunvaimennus				
5 Alusta				
6 Renkaat, vanteet				
7 Roiskeuojat ja -lapät				
8 Etuakselisto				
9 Ohjauslaitteet				
10 Kori				
11 Vetolaitteet				
12				

E. KOEAJO

1 Hallintalaitteet				
2 Peilit				
3 Korin sisustus				
4 Tuulilasi				
5 Tuulilasin laitteet				
6 Muut ikkunat			X	
7 Merkinantolaitteet				
8 Voimansiirto				
9 Ohjattavuus				
10 Lukkolaite				
11				

0=huomioitavaa 1=korjauskehoitus 2=jälkitarkastus 3=ajokielto

Rekistenumero	YYB-540	Ajoneuvotyyppi	HA
Valmistenumeron loppuosaa	-276	Katsastuslaji	RK + MAK
Lisäselvityksiä			
C8 - Suntaukset liian ylös			
C5 - ei toimi			
E10 - Perusvalot ei toimi			
E6 - Punnennäkövalot etosivulaseista poistettavat.			
OAJ-luokitus!			
- 276 tu			

ISKUNVAIMENNINTESTI

vas. etu		oik. etu		CO %	
74	%	76	%		
vas. taka		oik. taka		HC ppm	
56	%	57	%		
<input checked="" type="checkbox"/> hyväksytty		<input type="checkbox"/> hylätty		CO2 %	
OBD testi		<input type="checkbox"/> hyväksytty		<input type="checkbox"/> hylätty	
30.03.2015				02 %	
				Diesel k-arvo	
				λ-arvo	

PAKOKAASUPÄÄSTÖT

JOUTOKÄYNTI

KOROTETTU

rpm

rpm

Etelä-Savon Katsastus

SINUA PALVELI

Uusitie 1

50600 Mikkeli

Tuukka Kanerva

AJONEUVON KATSASTUSPÄÄTÖS:

HYVÄKSYTTY

KESKEYTETTY

HYLÄTTY

AJOKIELTO

Tuukka KANERVA

€

Ellei ajoneuvoa ole hyväksytty, viat on korjattava mahdollisimman pian. Ajoneuvo tulee esitettävä jälkitarkastukseen yhden kuukauden kuluessa ensimmäisestä tarkastuksesta samassa toimipaikassa. Tämä tarkastuskortti on esitettävä jälkitarkastuksen yhteydessä.

LIITE 2.
Osaluettelo

Tyhjennä lomake



Osaluettelo

Rekisteritunnus VYB-540		Valmistenumero JTDDR38T000036276	
Kunnostamisessa on käytetty osia seuraavista ajoneuvoista Merkki, malli, valmistenumero, rekisteritunnus			
Asiakas täyttää		Katsastaja täyttää	
Osanimike	Mistä peräisin	Kanta-ajoneuvon osuus	Vaihdettujen osien osuus
1. Kori varusteinen aina 58 % Korkehikko, itsekantava 46 % Korkehikko + runko / pohjalevyrakente 46 % - korkehikko 22 % - runko tai pohjalevy 24 %			
Etukansi			
Takakansi			
Etulokasuojat oikea / vasen			
Etuovi oikea / vasen			
Takasiivuvi oikea / vasen			
Puskurit etu / taka			
Etusäleikkö			
Lämmityslaitte		Uusi Defa safestart lämmitin, uusi	1
2. Runko tai pohjalevy 24 %		Moottorin kannatinpalkki, muokattu	0.5
3. Moottori apulaitteineen Moottori		Sähkömoottori HPEV + AL, uusia	14
Vaihteisto ja voimansiirtokseli			
Jäähdytin		Poistettu	2
Polttoainesäiliö		Poistettu, Tilalla Akusto, uusi	2
4. Akselistot Etuakselisto			
Taka-akselisto			
5. Sisustus Etuistuvin oikea/vasen			
Takaistuvin		Istuimet poistettu	1
Kojeläuta			
6. Valaisimet Etuvalaisimet			
Takavalaisimet			
Selvityksen oikeaksi vahvistaa <input checked="" type="checkbox"/> ajoneuvon omistaja <input type="checkbox"/> ajoneuvon haltija Omistajan tai haltijan allekirjoitus, nimenselvennys ja osoite Mikkelin Ammattikorkeakoulu OY, PL 181, 50101 Mikkel. Projektipäällikkö Teemu Manninen,		Yhteensä 79,5% / 20,5%	
Muutoksastastuksen hakijan allekirjoitus, nimenselvennys ja osoite		Katsastus Etelä-Savon Katsastus Uusitie 1 50600 Mikkel Tuukka Kanerva	
		Paikka ja pvm Mikkelissä 01.04.2015	

CI15 - 2/2015

Tarkastuskortti määräaikaiskatsastus

KEtelä-Savon **O**y Tarkastuskortti

1. Ajoneuvon tiedot

Rekisteritunnus:	Käyttöönottopäivä:	Ajoneuvon merkki:	Ajoneuvon malli:	Matkamittarin lukema:
VYB-540	18.4.2000	Toyota	2D CELICA LIFTBACK 1.8-ZZT230L-BLFGHW/260	226275 km
Valmistenumero:	Kansallisuustunnus:	Ajoneuvoluokka:	Suoritteet:	Asiakas:
JTDDR38T000036276 FIN		M1	Määräaikaiskatsastus	Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy

2. Iskunvaimennintesti

Vasen	Oikea	Ero
74,0 % Etuakseli	76,0 %	3 %
56,0 % Taka-akseli	57,0 %	2 %
Käytetty mittalaite:	Linja 1	

3. Jarrujen mittaus

Vasen	Oikea	Ero	Sallittu ero
2,2 kN Etuakseli	2,3 kN	4 %	30 %
1,3 kN Taka-akseli	1,4 kN	7 %	30 %
1,3 kN Seisontajarru	1,3 kN	0 %	70 %
Kokonaisjarruvoima:	Pyörät lukkiutuivat dynamometrillä		
Käytetty mittalaite:	Linja 1		

4. Pakokaasujen päästömittaus

Päästöt tyhjäkäynnillä Päästöt kierroksilla

5. Muut tarkastukset, sekä huomautukset


Muuta huomioitavaa: Hyvää työtä jätkät.

6. Havaitut viat ja puutteet

7. Päätös

HyväksyttySeuraavan määräaikaiskatsastuksen ajankohta:
18.12.2015 - 18.04.2016

Päiväys: 01.04.2015 Katsastaja:


 Tuukka Kanerva

Ajoneuvosta tarkastetaan katsastuksen yhteydessä direktiivin 2010/48/EU liitteessä 2 mainitut pääkohdat: ajoneuvon tunnistus, jarrujärjestelmät, akselistot, valaisimet ja sähkölaitteet, ympäristöhaitat, alusta ja kori, pyörät ja jousitus, ohjauslaitteet, muut laitteet ja varusteet, koeajo ja näkyvyys ja lisätarkastukset. Jälkikatsastuksen yhteydessä tarkastetaan määräaikaiskatsastuksessa havaitut viat. Määräaikaiskatsastuksessa hylätyn ajoneuvon viat ja puutteellisuudet on korjattava mahdollisimman pian.

E. Valjakka Oy / Etelä-Savon Katsastus Mikkelin
 Y-tunnus: 2263134-8
 Uusitie 1 (Rantakylä)
 50600 MIKKELI

Puh: 015 415 07 07
 Fax: 015 415 0709
<http://www.katsastus.fi/mikkeli/>
mikkeli@katsastus.fi

Tarkastuskortti muutoskatsastus

KEtelä-Savon **O**n **KATSASTUS O**y Tarkastuskortti

1. Ajoneuvon tiedot

Rekisteritunnus:	Käyttöönottopäivä:	Ajoneuvon merkki:	Ajoneuvon malli:	Matkamittarin lukema:
VYB-540	18.4.2000	Toyota	2D CELICA LIFTBACK 1.8-ZZT230L-BLFGHW/260	226275 km
Valmistenumero:	Kansallisuustunnus:	Ajoneuvoluokka:	Suoritteet:	Asiakas:
JTDDR38T000036276 FIN		M1	MK Moottori	Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy

2. Iskunvaimennintesti

3. Jarrujen mittaus

4. Pakokaasujen päästömittaus

Päästöt tyhjäkäynnillä Päästöt kierroksilla

5. Muut tarkastukset, sekä huomautukset

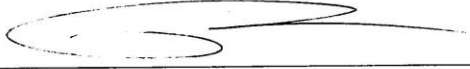
Muuta huomioitavaa: Muutettu sähkökäyttöiseksi. Vaihdettuja osia 20,5%.

6. Havaitut viat ja puutteet

7. Päätös

Hyväksytty

Päiväys: 01.04.2015 Katsastaja:



Tuukka Kanerva

Ajoneuvosta tarkastetaan katsastuksen yhteydessä direktiivin 2010/48/EU liitteessä 2 mainitut pääkohdat: ajoneuvon tunnistus, jarrujärjestelmät, akselistot, valaisimet ja sähkölaitteet, ympäristöhaitat, alusta ja kori, pyörät ja jousitus, ohjauslaitteet, muut laitteet ja varusteet, koeajo ja näkyvyys ja lisätarkastukset. Jälkitarkastuksen yhteydessä tarkastetaan määräaikaiskatsastuksessa havaitut viat. Määräaikaiskatsastuksessa hylätyn ajoneuvon viat ja puutteellisuudet on korjattava mahdollisimman pian.

E.Valjakka Oy / Etelä-Savon Katsastus Mikkeli
Y-tunnus: 2263134-8
Uusitie 1 (Rantakylä)
50600 MIKKELI

Puh: 015 415 07 07
Fax: 015 415 0709
<http://www.katsastus.fi/mikkeli/>
mikkeli@katsastus.fi