

---

This is an electronic reprint of the original article.  
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Laaki, Heikki

**Polttomoottoriauton muuntaminen sähköautoksi**

Julkaistu: 29/06/2018

*Document Version*  
Other version

*Published under the following license:*  
CC BY-SA

*Please cite the original version:*  
Laaki, H. (2018, kesä 29). Polttomoottoriauton muuntaminen sähköautoksi.

---

This material is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

# Polttomoottoriauton muuntaminen sähköautoksi

---

MEKATRONIIKAN ERIKOISTYÖ

Laaki Heikki | heikki.laaki@aalto.fi  
AALTO YLIOPISTO | ESPOO

## Sisällys

1. Johdanto .....	2
2. Turvallisuus .....	4
3. Muunnettavan auton vaatimukset .....	5
4. Lainsäädäntö.....	9
5. Budjetointi .....	18
6. Autosta tarvittavaa tietoa .....	19
7. Sähkömoottori .....	21
8. Akusto.....	22
9. Käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus.....	23
10. Lataus.....	25
11. Muut järjestelmät.....	26
12. Linkkejä .....	28

## 1. Johdanto

Sähköinen liikenne on nyt trendikästä. Liikenteessä näkyy monia erilaisia sähkömenopelejä, esimerkiksi polkupyöriä, autoja, potkulautoja, tasapainolautoja, moottoripyöriä ja busseja. Sähkömoottorilla liikkumista pidetään ympäristöystävällisenä ja tulevaisuuden liikenteenä. Markkinoille ilmaantuu jatkuvasti uusia erilaisia sähkömoottorilla liikkuvia tai niillä avustettuja ajoneuvoja, mutta niiden hinnat tuntuvat korkeilta, eikä ominaisuudet aina välttämättä kohtaa omia haluja. Sähkömoottorilla varustetuissa ajoneuvoissa on ympäristöasioiden lisäksi muitakin mielenkiintoisia ominaisuuksia, etenkin harrastajan näkökulmasta. Sähkömoottorin avulla on mahdollista saavuttaa kohtuullisen helposti huimia teho- ja vääntölukemia, ilman että ajoneuvon energiankulutus nousee mahdottomaksi. Lisäksi tehokaskin sähkömoottori on lähes äänetön. Tämä saattaa muodostua esimerkiksi moottoriurheilun kannalta erittäin keskeiseksi ominaisuudeksi, sillä sähkömoottoriurheilu ei välttämättä häiritse moottoriradan läheisyyteen tunkeutunutta asutusta muuten kuin ideologisesti. Muun muassa edellä mainittujen syiden takia saattaa autoharrastajan mieleen nousta ajatus tallista löytyvän perinteisen polttomoottoriauton muuntamisesta sähkömoottorilla liikkuvaksi.

Tämän teoksen tarkoitus on toimia oppaana polttomoottoriauton muuntamiseen sähköautoksi. Myös muiden ajoneuvojen muuntamiseen tästä oppaasta saattaa löytyä eväitä, mutta välttyäkseni mahdottoman pitkältä teokselta, keskityn tässä vain ja ainoastaan autojen muuttamiseen liittyviin seikkoihin. Autot ovat monimutkaisia tuotteita, joiden rakenteet ja teknologiat ovat hioutuneet nykyiseen muotoonsa yli sadan vuoden aikana. Koska autojen perusrakenne ei ole muuttunut mihinkään tuona aikana, on se hyvin optimoitu polttomoottoreita varten. Näissä autoissa on usein matkustajakorin etupuolella moottori, takapuolella polttoainesäiliö ja ympärillä paljon sähköjohtoa, vaijereita sekä kaas- ja nesteputkia. Moottorin voima siirretään vaihteiston läpi joillekin auton pyöristä. Tämä perusrakenne lienee tuttu useimmille lukijoille, mutta lienee syytä mainita, ettei se välttämättä ole paras lähtökohta sähköautolle. Koska nyt ollaan kuitenkin muuntamassa polttomoottoriautoa sähköautoksi, on opas kirjoitettu niin, että tällaisen perusrakenteen auton muuntaminen pitäisi olla kohtuullisella vaivalla mahdollista. Muutoksen suorittamisessa todennäköisesti tarvitaan jonkin verran erityisiä työkaluja ja kykyä suunnitella ja valmistaa tai teettää joitakin komponentteja, mutta lähtökohtaisesti muutoksen pitäisi olla mahdollinen kelle tahansa autoja korjaamaan tottuneelle.

Autojen kehityksen suuntaan ovat jo pitkään voimakkaasti vaikuttaneet matkustajien ja muiden tiellä liikkujien turvallisuuteen sekä ympäristön ja ilmaston saastuttamiseen liittyvät seikat. Näistä kehityspaineista johtuen autot ovat viime aikoina monimutkaistuneet sellaista tahtia, että asiaan erityisesti perehtymätön on pudonnut kelkasta auttamattomasti. Nykyaikaisten autojen kaikkien teknologioiden tunteminen on lähes mahdotonta, mikä aiheuttaa osaltaan ongelman tämän teoksen kirjoittamiseen. Siksi tämän teoksen ulkopuolelle joudutaan rajaamaan monia uusimpia teknologioita sisältävät autot. Esimerkiksi nykyisin autoissa yleinen väylätekniikka tiedon siirtämiseen eri järjestelmien välillä tuo mukanaan niin paljon lisää huomioitavaa, että sellaisella varustetun auton muuntamista harkitseville joudun valitettavasti tuottamaan hienoisen pettymyksen. Tämän oppaan sisältö pätee suurelta osin myös sellaisiin autoihin, mutta väylätekniikan kiemuroihin joutuu etsimään apua muualta auton saamiseksi lopulta toimintakuntoiseksi.

Kun on kyse autoista, astuu kuvaan hyvin pian myös lainsäädäntö. Mikäli autolla on tarkoitus ajaa tieliikenteessä, on sen täytettävä lukematon määrä erilaisia kirjoitettuja ja usein myös kirjoittamattomia säädöksiä ja pykäliä. Edes kaikkivoipaiselta Trafilta kysymällä ei varmasti saa täydellistä vastausta kysymykseen vaatimuksista tällaiseen auton rakennemuutokseen. He ovat ulkoistaneet katsastusasemille tämän sääntöviidakon tulkinnan ihmiselle ymmärrettävään muotoon. Lainsäädännöllä on viime aikoina ollut ikävä tapa monimutkaistua ja ennen kaikkea tiukentua monilta osin vuosien kuluessa. Niinpä myös lainsäädäntö aiheuttaa osaltaan ongelman tämän teoksen kirjoittamiseen, sillä pyrkimys on tietenkin, että muutostyön tuloksista voisi nauttia myös tieliikenteessä, eikä vain sukupuuttoon kuolevilla moottoriradoillamme. Edellä mainituista syistä johtuen opas palvelee parhaiten varmaankin ennen vuotta 2000 valmistettujen autojen muutoksissa. Joudun kuitenkin ottamaan vastuuvapauden, sillä vaikka olen opasta kirjoittaessa tehnyt parhaani, on täysin mahdollista, ettei oppaan avulla saa aikaiseksi toimintakuntoista ja tieliikenteen vaatimuksia täyttävää autoa. Lisäksi on mahdollista, että ohjeista ja neuvoista huolimatta budjetti ylittyy, eikä suorituskyky vastaa toiveita.

Autojen harrastamiseen liittyy olennaisesti myös turvallisuus: sekä työturvallisuus että itse auton käytön turvallisuus. Muunnoksen lopputuloksena syntyvä auto on todennäköisesti yhtä turvallinen kuin se on ollut ennen muunnosta. On kuitenkin hyvä tiedostaa sähkötekniikan mukanaan tuomat riskit. Sähköauton tapauksessa on valitettavasti mahdollista loukkaantua vakavasti tai menehtyä,

mikäli menettelee huolimattomasti auton kanssa puuhaillessa. Akuissa käytettävät jännitteet ovat niin suuria, että niihin tulee suhtautua vakavasti. Näitä turvallisuuseikkoja käsitellään seuraavassa kappaleessa ja suosittelen sen lukemista painokkaasti, vaikka se tuntuisikin turhalta. Kun turvallisuusasiat on käyty läpi, siirrytään muunnoksen kohteena olevan ajoneuvon vaatimuksiin ja siihen läheisesti linkittyvään lainsäädäntöön. Seuraavaksi käydään muunnoksen eri osa-alueet läpi yksi kerrallaan suunnittelusta toteutukseen. Aivan lopuksi esitellään joitakin esimerkkejä, joista voi löytää apua ja inspiraatiota muunnoksen toteutukseen.

## 2. Turvallisuus

Kuten johdannossa jo mainitsinkin, sähköautoissa käytettävät jännitteet ovat useimmiten hengenvaarallisen korkeita, yleensä satoja voltteja. Tällaiset jännitteet käyttäytyvät huomattavan eri tavalla verrattuna esimerkiksi perinteiseen autoissa käytettyyn 12V jännitteeseen, joka on yleensä harmitonta, vaikka kuinka töppäilisi. Suuret jännitteet saattavat hypätä ilmassa jopa senttimetrejä, mikä lisää vaatimuksia mm. kaapeleiden eristeille. Lisäksi tällaisten jännitteiden kanssa työskennellessä on käytettävä erityisiä työkaluja, jotta vältetään sähkön johtuminen itse työn tekijään ja toisaalta oikosuluista johtuvat vikaantumiset, tulipalot ja räjähdykset. Näistä syistä sähköautojen kanssa työskentelyyn onkin olemassa omat lait ja säädökset. Vaikka harrastemielessä autonsa kanssa puuhailu ei välttämättä olekaan kyseisten sääntöjen piirissä, kannattaa työ suorittaa niitä mukaillen oman turvallisuuden vuoksi.

Sähköturvallisuuslaissa<sup>1</sup> vaaditaan, että sähköautojen kanssa itsenäisesti työskentelevä on riittävästi perehtynyt tai perehdytetty kyseisen ajoneuvomallin sähköjärjestelmään ja sähkön vaaroihin. Tässä oppaassa ollaan muuntamassa polttomoottoriautoa sähköautoksi, joka luonnollisesti vaatii melko syvällisen perehtymisen muutostyön kohteena olevan ajoneuvon sähköjärjestelmään. Lisäksi asennettavan sähköisen voimalinjan suunnittelu juuri tätä autoa varten varmistaa lähtökohtaisesti, että kyseiseen järjestelmään on perehdytty myöskin melko syvällisesti. Eli laitetaan rasti ruutuun. Seuraavaksi perehtyminen sähkön vaaroihin. Varmin ratkaisu on suorittaa SFS 6002 -standardin mukainen autoalan sähkötyöturvallisuuskoulutus<sup>2</sup>, joita järjestää Suomessa useampikin taho. Koulutuksessa käydään läpi mm. sähkön ja akkujen vaarat, niiden tunnistaminen ja riskien vähentäminen esimerkiksi oikeita työvälineitä ja työtapoja käyttämällä. Tärkein

---

<sup>1</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>

<sup>2</sup> Esimerkiksi <https://www.ael.fi/koulutustarjonta/autoalan-sahkotyoturvallisuus-sfs-6002-koulutus>

nyrkkisääntö on, että auto tehdään aina jännitteettömäksi, jos siihen suinkin on mahdollisuus. Lisäksi tulee käyttää sähkötyöhön tarkoitettuja tai siihen muuten soveltuvia työvälineitä ja varusteita. Esimerkiksi pihtien tapauksessa tämä tarkoittaa eristävää pinnoitetta, joka vähentää oikosulkujen riskiä.

Olellainen osa sähkötyön turvallisuutta on dokumentointi, jota ei voi harrastepohjaisten projektien tapauksessa korostaa liikaa. Kun tällaista autoa suunnitellaan ja rakennetaan, on parasta kirjata muistiin ja vaikkapa valokuvata kaikki mahdollinen muutokseen liittyvä tieto. Tästä on korvaamaton apu paitsi vianetsinnässä ja auton myöhemmässä korjauksessa, myös katsastusaseman kanssa valmiin auton tieliikennekelpoisuudesta mitteloitetta. Tärkeintä on saada tallennettua muutoksen lopputulos, eli jos hienoa suunnitelmaa joudutaan muuttamaan auton alla jakoavain kädessä, on erityisesti tällaiset suunnitelman muutokset keskeistä saada tallennettua. Tietenkin muutosta suunnitellessa on parasta ottaa huomioon myös turvallisuus, ei pelkästään muutostyön tekemisen kannalta, vaan myös auton käytön kannalta. Ei varmaankaan ole viisasta tehdä kaapelivetoja paikkoihin, joissa ne joutuvat kestävästi mekaanista kulutusta ja kosteutta tai altistaa akkua korkeille lämpötiloille. Lisäksi kannattaa ehkä pohtia myös auton kolariturvallisuutta, eli sijoittaa kriittiset komponentit kuten akku mahdollisimman turvalliseen paikkaan mahdollisen kolarin varalta. Tällainen paikka saattaa olla esimerkiksi alkuperäisen polttoainesäiliön tilalla. Hukkaan ei myöskään mene jonkinlaisen sammutusjärjestelmän toteuttaminen. Ainakin palosammutin lienee ihan perusteltu lisävaruste tämän tyyppisessä harrasteautossa. Muutostyön helpottamiseksi ja myös tulevaisuutta ajatellen kytkin ajoakun irrottamiseen virtapiiristä (eli auton tekemiseen jännitteettömäksi) on myös ehdottoman tarpeellinen.

Auton kanssa työskennellessä ajoakku kannattaa olla irrotettu autosta ja vähintään irti kytkettynä aina kun mahdollista. Jossain vaiheessa joudut kuitenkin työskentelemään akun kanssa, kytkemään auton jännitteelliseksi ja kokeilemaan tuliko laitteesta toimiva. Näitä vaiheita varten ota kaveri mukaan varmistamaan ja noudata erityistä varovaisuutta ja huolellisuutta, eli tee rauhassa ja jätä asennuskalja väliin. Se varoitteluista, nyt voidaan siirtyä asiaan!

### 3. Muunnettavan auton vaatimukset

Periaatteessa mikä tahansa auto on muutettavissa sähköautoksi. Toiset autot vain saattavat olla jossain suhteessa parempia kohteita sähkömuunnokseen toisiin verrattuna. Pyrin tässä luvussa

nostamaan esille asioita, joita kannattaa pohtia muunnettavaa autoa valitessa ja antamaan perusteita hyvän valinnan tekemiseen. Useimmiten muunnoksen tekeminen varmaankin juolahtaa mieleen jo tallin perukoilta löytyvää romukasaa ihmetellessä. Saat sen varmasti muunnettua sähköautoksi, mutta suosittelen silti pohtimaan myös muita vaihtoehtoja.

Tässä vaiheessa on hyvä huomauttaa, että muunnettavan auton valintaan liittyy vahvasti lainsäädäntö. Siksi tästä osiosta lueskellessa kannattaa vilkuilla myös seuraavaa osiota, joka käsittelee lainsäädäntöä tarkemmin, ja punnita lopullista valintaa huolellisesti molempien osioiden tarjoamien neuvojen pohjalta. Tässä osiossa keskitymme kuitenkin enemmän ominaisuuksiin, joilla on merkitystä auton muunnettavuuden, käytettävyyden, kestävyden ja hauskuuden näkökulmasta.

Mitä ominaisuuksia sitten otetaan pohdittavaksi? Autoharrastus on hyvin tunteisiin perustuvaa toimintaa järjen ja rationaalisuuden jäädessä usein sivuosaan ja siksi en pysty antamaan mitään ehdottomia totuuksia vaan lähinnä tarjoamaan eväitä sopivien kompromissien löytämiseksi. Omalla kohdallani innoitus tämän oppaan kirjoittamiseen lähti ajatuksesta muuntaa vanha amerikkalainen lava-autoni sähköautoksi – järjetöntä, eikö totta?

Aivan ensimmäiseksi otan tarkasteluun auton massan ja mitat. Sähköauton liikuttamiseksi tarvittava energia säilötään (toistaiseksi) kohtuullisen huonolla menestyksellä kemialliseen akkuun. Mitä suurempaa ja painavampaa autoa sähköllä liikutellaan, sitä lyhyemmäksi sen käytettävissä oleva toimintamatka jää. Pidemmän toimintamatkan saavuttamiseksi tarvitaan isompi ja painavampi akku, joka taas vaatii lisää energiaa liikutteluun. Näin nopeasti pääsimme sähköautojen perusongelman äärelle. Lisäksi, jos autosta halutaan vielä hauska ajettava, tarvitaan suuremman auton liikuttamiseen tietysti tehokkaampi, isompi ja painavampi sähkömoottori, joka taas kuluttaa enemmän energiaa ja vaatii suuremman akun.

Toisessa päässä ovat sitten pienet autot. Niiden liikuttamiseksi tarvitsee säilöä vähemmän energiaa ja pienempikin moottori saa hauskuuskertoimen riittäväksi. Valitettavasti tämäkään pääty ei ole aivan ongelmaton, sillä pienemmässä autossa on lähes poikkeuksetta tehottomammat jarrut ja alustan komponentit on muutenkin mitoitettu pienemmälle massalle ja teholle. Näissä tapauksissa aletaan jo lähestyä myös laillisuuden rajoja niin auton massan kuin tehopainosuhteenkin kannalta. Eikä aivan pienestä autosta välttämättä löydy riittävästi sopivaa tilaa ajoakkuja varten.



Niinpä tässä kohden kannattaa pohtia, haluatko sähköautostasi leppoisan maantielaivan, ärhäkemmän pikkupurkin vai jotakin siltä väliltä. Myös haluttua toimintamatkaa kannattaa alkaa haarukoida, jotta saadaan selville tarvittavan akun koko ja massa. Kun autosta poistetaan alkuperäinen polttomoottori ja siihen liittyvät oheislaitteet, kuten polttoainesäiliö, saadaan auton massaa tietysti kevennettyä. Todennäköisesti kuitenkin autoon asennettava akkupaketti ja sähkömoottori on jopa huomattavasti näitä painavampi kokonaisuus. Paras vaihtoehto on varmaankin kevyemmän pään auto, mutta ei välttämättä kaikista pienin.

Auton ulkomittoihin liittyy läheisesti myös aerodynamiikka. Maallikolle ei ole helppoa arvioida jonkin tietyn auton ilmanvastuskertoimia, mutta riittävällä tarkkuudella auton aerodynamiikkaa voi silti arvuutella vain katsomalla auton ulkomuotoa. Ilmanvastuksen kaava on

$$F = \frac{1}{2} \rho v^2 AC,$$

jossa  $\rho$  on ilman tiheys,  $v$  nopeus,  $A$  auton poikkipinta-ala ja  $C$  niin sanottu ilmanvastuskerroin, joka riippuu auton muodosta. Kaavasta nähdään, että mitä suurempi auto on edestäpäin katsottuna, sitä suurempi on myös ilmanvastus. Kaavassa esiintyvää ilmanvastuskerrointa tietylle autolle voi yrittää etsiä internetistä. Nyrkkisääntöinä voidaan sanoa, että ilmanvastuskerrointa kasvattaa tiiliskiveä muistuttava muotoilu, sekä kaikki ulkonevat osat kuten peilit. Pienentävinä tekijöinä taas voi pitää ”urheilullista” ulkonäköä eli kiilamaista muotoa ja esimerkiksi voimakkaasti taaksepäin kallistettua tuulilasia. Myös auton alta löytyvät rakenteet vaikuttavat ilmanvastukseen oleellisesti. Sileä pohja vastustaa huomattavasti vähemmän verrattuna paljaana näkyviin palkkeihin ja akseleihin. Auton mitoista, massasta ja aerodynamiikasta voisi sanoa lyhyesti, että valitse mieluummin kevyt ja aerodynaamisen näköinen, jolloin auton lopullinen energiankulutus ja siten toimintamatka muodostuu paremmaksi.

Seuraava tärkeä seikka on autosta valmiiksi löytyvä vaihteisto. Sähkömoottorin kaverina ei välttämättä tarvitse kuin yhden vaihteen, sillä moottorin vääntö riittää liikkeellelähtöihin suurimmallakin vaihteella ja toisaalta maksimipyörimisnopeus yleensä riittävään huippunopeuteen. Siksi etenkin perinteinen momentinmuuntimella toteutettu automaattivaihteisto on erittäin huono valinta, sillä sellaisten hyötysuhde on kovin huono, eikä vaihteista saa juuri mitään hyötyä. Parasta on siis hankkia manuaalivaihteistolla varustettu auto. Jos autoon on tarkoitus asentaa suuri ja vääntävä sähkömoottori, voi olla viisasta hankkia alun perin dieselmoottorinen auto, sillä niiden

vaihdelaatikot on suunniteltu kestävämpiä suurempia vääntömomenteja. Lisäbonuksena dieselautoissa on usein suurempi kantavuus järeämpien alustarakenteiden ansiosta! Lisäksi mikäli vaihteita on tarkoitus edelleen käyttää, myös dieselautojen kytkimet on suunniteltu suuremmille vääntömomenteille. Kytkimen voi kuitenkin korvata kiinteällä, mikäli on tarkoitus käyttää vain yhtä vaihdetta. Tähän liittyy myös olennaisesti auton vetotapa. Nelivetoisen auton muuntaminen on täysin mahdollista, mutta nelivetotekniikka kuluttaa enemmän energiaa, jolloin auton toimintamatka vastaavasti pienenee. Etu- ja takavetoisen välillä ei taas ole mitään teknisiä sähköautoiluun liittyviä rajoitteita, vaan lähinnä kyseessä on auton rakentajan omat halut auton ominaisuuksista.

Kannattaa myös varmaankin pohtia auton yleistä kuntoa ja muunnoksen tekemisen helppoutta. Ei kannata hankkia jo valmiiksi ruosteista ja huonokuntoista autoa muunnoksen lähtökohdaksi, ellei todella tiedä mihin on ryhtymässä. Tämä pätee myös siihen autotallin takana vuosikaudet seisoneeseen autoon, jonka ajattelit rakentaa sähköautoksi. Parasta olisi hankkia mahdollisimman hyväkuntoinen ja mielellään hyvin pidetty ja huollettu yksilö. Tällöin et joudu ensimmäisenä mittavaan korjaus- ja huoltourakkaan ennen kuin pääset edes aloittamaan muutoksen tekemistä. Ruostuneita pultteja on sitä paitsi ärsyttävää irrottaa, kun ne tuppaavat juuttumaan ja katkeamaan ikävästi. Muunnoksen helppouden kannalta kannattaa myös harkita lähtökohdaksi jotakin kohtuullisen yleistä automallia. On mukavaa, kun tietää että tarvittaessa varaosia löytää lähimmästä Motonetistä tai mistä tahansa muusta varaosaliikkeestä. Parhaassa tapauksessa autoon voi jopa löytyä mallikohtainen muunnossarja, jolloin muunnoksen tekeminen muistuttaa legosarjan purkamista ja kasaamista. Etenkin Yhdysvalloissa sähköautomuunnokset alkavat hiljalleen yleistyä ja markkinoille ilmaantua erilaisia yrityksiä, jotka myyvät kaikkia muunnokseen tarvittavia komponentteja. Näiden yritysten valikoimista voi kuka tahansa kasata sopivan valikoiman komponentteja lähes minkä tahansa auton muuntamiseen. Myös erilaisia niin sanottuja tee-se-itse-sarjoja on tarjolla.

Lopuksi voisi pohtia vielä akun sijoittelua hieman tarkemmin. Hieman tekniikasta riippuen akku tulee joka tapauksessa olemaan kohtuullisen suuri. Kyseessä on helposti ainakin neliömetrin kokoinen ja parikymmentä senttiä korkea paketti, joka lisäksi painaa huomattavan paljon. Akulle pitäisi löytyä paikka, johon sen saa kiinnitettyä tukevasti ja jossa siihen on helppo päästä käsiksi asennus- ja huoltotoimenpiteitä varten. Suosittelisin myös sijoittamaan akun johonkin muualle kuin

auton matkustamoon ihan jo turvallisuussyistä. Myös painojakaumaa tulee pohtia. Akku olisi parasta saada asennettua mahdollisimman alas, jotta painopiste pysyy matalana, eikä auto ala kallistella hurjasti. Lisäksi akun massa tulee saada sijoitettua siten, että koko auton paino jakautuu mahdollisimman tasaisesti etu- ja takapyörille, eikä kummankaan akselin suurinta sallittua massaa ylitetä. Ilmaisen vinkkinä voin mainita, että monet lava-autot suoriutuvat hyvin tällaisista vaatimuksista, vaikka eivät välttämättä ole kaikista kevyimpiä ja aerodynaamisimpia.

#### 4. Lainsäädäntö

Kuten aiemmin todettua, autoja koskee valtava kirjo erilaisia säädöksiä ja määräyksiä. Käsittelen tässä osiossa sähkömuunnoksen kannalta tärkeimmät. Vaatimukset eivät ole millään lailla mahdottomia ja ne on tehty varmistamaan auton turvallisuus niin kuskin ja matkustajien kuin muidenkin tiellä liikkujien kannalta. Siispä lue tämäkin osio huolella ennen kuin hankit muunnettavan auton tai läjän komponentteja. Suosittelen vahvasti myös etsimään jonkin asiansa tuntevan katsastajan, jolta voi kysyä tarkentavia lisätietoja ja jonka kanssa voi muutenkin keskustella muunnoksesta suunnitteluvaiheessa ja rakentelun edetessä. Kaikista parasta olisi saada katsastaja vilkaisemaan autoa ennen muunnokseen ryhtymistä ja mahdollisuuksien mukaan myös rakentelun aikana. Kun lopulta olet viemässä autoa muutoskatsastukseen, jossa auton uusi uljas sähköinen voimalinja hyväksytään tieliikennekäyttöön, saat esitellä katsastajalle dokumentaatiota ja todistuksia toteutuksesta. Tässä vaiheessa on kovin hyödyllistä, mikäli projekti on katsastajalle ennestään tuttu, eikä muutoskatsastuksessa siten tulisi enää yllättäviä esteitä auton hyväksymiselle.

Trafin antama määräys autojen ja niiden perävaunujen teknisistä vaatimuksista<sup>3</sup> määrää sähkökäyttöisistä autoista seuraavasti:

*Yhdellä tai useammalla sähkökäyttöisellä ajomoottorilla varustetun M- ja N-luokan ajoneuvon, jonka käyttöjännite on tasajännitteellä vähintään 60 voltia tai vaihtojännitteellä vähintään 30 voltia, riittävänä osoituksena sähköisen voimalaitteen turvallisuuden vaatimustenmukaisuudesta hyväksytään yksittäishyväksynnässä, muutoskatsastuksessa tai muun kuin EY-*

---

<sup>3</sup> [http://www.finlex.fi/data/normit/44272/FI\\_Maarays\\_TRAFI43751903.04.03.002017.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/44272/FI_Maarays_TRAFI43751903.04.03.002017.pdf)

*tyyppihyväksytyin, sähköiseltä voimalaitteeltaan muuttamattoman ajoneuvon rekisteröintikatsastuksessa se, että ajoneuvon osoitetaan täyttävän vähintään E-sääntöä n:o 100 vastaavat vaatimukset. Jos ajoneuvo on otettu ensi kertaa käyttöön ajankohtana, jolloin E-säännön n:o 100 jonkin muutossarjan vaatimuksien soveltaminen uusiin ajoneuvoihin oli pakollista Euroopan unionin lainsäädännön nojalla, ajoneuvon tulee yksittäishyväksynnässä, rekisteröintikatsastuksessa ja muutokatsastuksessa vastata vähintään mainitun muutossarjan tai sitä uudemman muutossarjan vaatimuksia. Edellä tarkoitetuista vaatimuksista poiketen ajoneuvon eristysresistanssia koskeva mittaaminen voidaan tehdä normaalissa ulkoilman kosteudessa ilman vakautusta.*

*Osoituksena [tämän] kohdan vaatimusten täyttymisestä rekisteröinti- ja muutokatsastuksessa sekä yksittäishyväksynnässä hyväksytään vähintään nimetyn tutkimuslaitoksen, hyväksytyin asiantuntijan tai ilmoitetun laitoksen selvitys. Muutokatsastuksessa osoituksena vaatimusten täyttymisestä hyväksytään myös Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valtuuttaman tarkastuslaitoksen tai tarkastajan lausunto taikka käyttöönottopöytäkirja siltä, joka täyttää sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) sähkötöiden tekemiseen säädetyt vaatimukset ja joka itse on vastannut ajoneuvon muutosten tekemisestä.*

Tämä määräys tulee voimaan 1.7.2018 ja sen nojalla siis auton muutoksista vastannut henkilö voi osoittaa muutokatsastettavan auton täyttävän vaatimukset, mikäli hän täyttää sähköturvallisuuslaissa sähkötöiden tekemiseen säädetyt vaatimukset ja on itse vastannut muutosten tekemisestä. Sähköturvallisuuslain vaatimuksia käsiteltiin jo aiemmin kappaleessa 2. Tässä tarkoitettu käyttöönottopöytäkirja täyttöohjeineen on myös löydettävissä internetin uumenista tai esimerkiksi joltakin sähkötöitä suorittavalta yritykseltä kysymällä.

Siispä sähköturvallisuus on selvillä ja osoitettu. Vielä ei kuitenkaan olla valmiita, sillä autoa koskee joukko muitakin vaatimuksia, jotka eivät suoraan aiheudu sähköisestä voimalinjasta. Trafi on

antanut määräyksen auton ja sen perävaunun rakenteen muuttamisesta<sup>4</sup>, jota on noudatettava tällaisen muunnoksen tekemisessä. Seuraavassa joukko lainauksia kyseisestä määräyksestä:

*Moottorin vaihtaminen on sallittu, jos vaihdettava moottori on teholtaan ja iskuilavuudeltaan alkuperäistä pienempi.*

Eli alkuperäistä moottoria tehottomamman sähkömoottorin asennus on suoraviivaisesti sallittua.

*Sallittua on myös sellaisen teholtaan tai iskuilavuudeltaan alkuperäistä suuremman moottorin (vertailumoottori) vaihtaminen, jonka ajoneuvon valmistaja on tarkoittanut käytettäväksi samaan tyyppiin kuuluvassa, yleiseen tieliikenteeseen tarkoitetussa ajoneuvossa, taikka vertailumoottoreita tehokkaamman tai iskuilavuudeltaan suuremman moottorin vaihtaminen. Vaihtaminen on sallittua seuraavin edellytyksin:*

Tässä kohdassa moottorin tehoa siis lisätään alkuperäisestä. Tässä puhutaan myös vertailumoottorista. Se tarkoittaa moottoria, joka on ollut saatavilla kyseiseen tyyppiin. Mikäli valitsemastasi automallista on siis ollut tarjolla tehokkaampi versio, voi tämän tehokkaampaa moottoria käyttää vertailukohtana sallittua enimmäistehoa määriteltäessä. Ajoneuvon tyyppillä tarkoitetaan määräyksessä tyyppikatsastuksessa tai tyyppihyväksynnässä määriteltyä ajoneuvon mallisarjaa. Jos ajoneuvon mallisarjan eri sukupolvien välillä on olennaisia teknisiä eroja, tarkoitetaan tyyppillä tyyppikatsastuksessa tai tyyppihyväksynnässä määriteltyä mallisarjan sukupolvea.

*a) ajoneuvon jarrut, voimansiirto ja akselistot vastaavat vertailumoottorilla varustettua ajoneuvoa, mahdollinen vakiovarusteena oleva lukkiutumaton jarrujärjestelmä mukaan luettuna;*

---

4

Mikäli vertailumoottoria käytetään enimmäistehon perusteena, on edellä mainitut muutokset tehtävä. On tietysti aivan mahdollista, että auton rakenteet ovat näiltä osin täysin identtiset eri versioiden välillä. Näissä asioissa saa apua esimerkiksi kyseisen automallin maahantuojalta tai merkkihuollosta. Osoitukseksi riittää esimerkiksi huoltamon allekirjoittama selvitys, jossa näytetään eri versioiden varaosanumeroiden olevan näiltä osin samat. Toisaalta mikäli autoon halutaan samalla tehokkaammat jarrut, voi olla viisasta hankkia uudet jarrut autosta, jonka moottoria käytetään vertailumoottorina. Jarrujen ei tarvitse olla tällaiset, kunhan ne ovat vastaavat. Jonkinlaista todistelua tästäkin joutuu suorittamaan katsastuksen yhteydessä.

*b) ajoneuvoon vaihdettavan vertailumoottoreita tehokkaamman moottorin teho on korkeintaan 20 % suurempi kuin tehokkaimman vertailumoottorin teho saman normin mukaan mitattuna;*

Tämä sääntö on melko yksiselitteinen. Tätä 20 % sääntöä noudatetaan myös, mikäli tehoa vertaillaan auton alkuperäiseen moottoriin.

*d) moottorin vaihdon mahdollisesti edellyttämien uusien tai muutettujen kiinnikkeiden tulee olla asianmukaiset; kiinnikkeiden lujuudesta on esitettävä selvitys;*

Moottorin kiinnikkeet voi valmistaa myös itse, kunhan ne on tehty asianmukaisesti. Joissakin automallikohtaisissa muunnossarjoissa tulee mukana valmiit moottorin kiinnikkeet, joilla moottorin saa asennetuksi. Mikäli tällaisia kiinnikkeitä ei pysty itse valmistamaan, jää vaihtoehdoksi hyödyntää joitakin olemassa olevia kiinnikkeitä tai suunnitella sopivat kiinnikkeet ja teettää sellaiset esimerkiksi jollakin konepajalla. Katsastajalle joutuu selvittämään, miten moottorin kiinnitys on ratkaistu ja miksi näihin ratkaisuihin on päädytty. Tämän kummempaa selvitystä tuskin tarvitaan.

*e) jos ajoneuvoon vaihdettavaan moottoriin on tehty alkuperäiseen tehoon ilmeisesti vaikuttavia muutoksia, on muutetun moottorin tehosta esitettävä tehonmittaustodistus; ja*

Sähkömoottorin tapauksessa moottorin tehosta riittänee valmistajan spesifikaatio. Mikäli tehoa muutetaan esimerkiksi ohjelmallisesti, saattaa tehonmittaustodistus tulla kyseeseen. Tehonmittauksia suorittaa useampikin yritys Suomessa lähinnä kilpa-autojen viritystarkoituksiin,

mutta myös sähköauton tehonmittaus varmasti onnistuu. Sähkömoottorin tehoa voi muuttaa hyvin helposti ohjainlaitteen avulla, joten tätä vaatimusta voi pitää hiukan tarpeettomana. Voithan käydä mittaamassa tehon rajoitetulla teholla ja sitten nappia painamalla lisätä jälleen tehoa. Tällöin auto ei tietenkään enää ole katsastuksessa hyväksytty, jolloin aletaan liikkua lain väärällä puolella.

*g) moottoria ei saa vaihtaa, jos ajoneuvon omamassan suhde moottorin nettotehoon on muutoksen jälkeen pienempi kuin 7 kg/kW; jos vertailumoottorilla suhde on enintään 10 kg/kW, saa suhde kuitenkin pienentyä 30 %, mutta ei pienemmäksi kuin 5 kg/kW; ajoneuvon omamassan katsotaan tällöin vastaavan punnittua omamassaa taikka tyyppihyväksynnässä määriteltyä tai valmistajan ilmoittamaa omamassaa korjattuna moottorin vaihtoon olennaisesti liittyvien rakennemuutosten aiheuttamalla massan muutoksella; moottorin nettotehon katsotaan vastaavan autojen ja niiden perävaunujen teknisistä vaatimuksista annetun Liikenteen turvallisuusviraston määräyksen tai DIN-normin mukaista tehoa, 0,9-kertaista SAE netto - normin mukaista tehoa tai 0,7-kertaista SAE brutto -normin mukaista tehoa.*

Tämä vaatimuskohta pyrkii varmistamaan, ettei tieliikenteeseen hyväksytä kaikista älyttömimpiä suuritehoisia viritettyjä autoja. Olennaista on huomata, että tehopainosuhde lasketaan auton omamassan perusteella. Auton omamassa todennäköisesti muuttuu, kun siihen on asennettu sähkömoottori, akut ja muut komponentit, mutta tämäkin raja kannattaa pitää mielessä. Jos kyseessä on alun perinkin tehokkaampi urheiluauto, jossa tehopainosuhde on alle 10 kg/kW, saa tällaisen auton tehoa vielä hieman kasvattaa. Auto punnitaan muutoskatsastuksessa ja tehopainosuhde lasketaan tästä tuloksesta ja moottorin esitetystä tehosta, mutta yllätysten välttämiseksi asia on hyvä varmistaa jo ennen katsastusasemalle suuntaamista.

On itsestäänselvyys, että auton tieliikenteeseen sallittu kokonaismassa ei saa ylittyä. Myöskään etu- tai taka-akselin suurin sallittu massa ei saa ylittyä. Nämä tiedot löytyvät auton rekisteritiedoista. Ota tämä huomioon muutosta suunnitellessa, etenkin akun mitoituksessa ja sijoittelussa, sillä siitä tulee helposti auton painavin osa. Jälleen auton punnitseminen ja erilaisten poistettavien ja asennettavien komponenttien massan selvittäminen auttaa huomattavasti. Painopisteen määrittäminen on helppoa matematiikkaa. Ota huomioon myös matkustajien massa, joille siis tulee olla riittävästi

kantavuutta (omamassan ja kokonaismassan erotus), mikäli matkustajien istumapaikat halutaan säilyttää. Yksi matkustaja matkatavaroineen painaa lain silmissä 75 kg.

Polttomoottorin poistaminen johtaa todennäköisesti muutoksiin myös ohjausvaihteessa sekä jarruissa. Tämä ei välttämättä tule heti mieleen, mutta ohjaus on yleensä tehostettu hydraulisella pumpulla ja jarrut alipainepumpulla joita polttomoottori pyörittää. Nämä järjestelmät joudutaan korvaamaan, ja jälleen joudutaan katsomaan mitä lainsäädäntö on mieltä muutoksesta. Ohjauslaitteista edellä mainitussa rakenteen muuttamista käsittelevässä määräyksessä sanotaan seuraavaa:

*Olka-akseleita, raidetankoja, ohjausvarsia, ohjausvaihteen osia, ohjausakselia ja jousia sekä näihin verrattavia osia, joiden murtuminen tai muodonmuutos voi aiheuttaa ohjaushäiriön, ei saa korjata tai muuttaa hitsaamalla tai muulla niiden alkuperäistä lujuutta heikentävällä menetelmällä.*

Eli muutos on tehtävä siten, että ohjaushäiriön aiheuttavia osia ei saa hitsata tai muutoin heikentää.

*Ohjausvaihteen vaihtaminen tyyppiin kuulumattomaan on seuraavin edellytyksin sallittu:*

Tämä tarkoittaa käytännössä jonkin toisen automallin ohjausvaihdetta.

*a) ajoneuvoon asennettava ohjausvaihte kuuluu ajoneuvossa olevaan tai siihen vaihdettavaan akselistokokonaisuuteen tai asennettava ohjausvaihte vastaa toiminnalliselta mitoitukseltaan ajoneuvossa olevaan tai siihen vaihdettavaan akselistokokonaisuuteen kuuluvaa ohjausvaihdetta;*

*b) ajoneuvoon asennettava ohjausvaihte on tarkoitettu akselimassaltaan tai valmistajan sallimalta akselimassaltaan vähintään muutoksen kohteena olevaa ajoneuvoa vastaavaan ajoneuvoon;*

Jos automalliin on saatavilla alkuperäinen sähköisesti tehostettu ohjauslaite, kannattaa sellainen ehdottomasti hankkia. Jos taas joudutaan turvautumaan jonkin toisen auton ohjausvaihteeseen, täytyy sen mitoituksen olla riittävä. Käytännössä näiden vaatimusten täyttämiseksi ohjausvaihteen



täytyy olla vastaavan kokonaismassan autosta peräisin ja muuten mitoiltaan vastata muunnettavan auton alkuperäistä ohjausvaihdetta.

*c) ajoneuvoon asennettava ohjausvaihte kiinnitetään ruuviliitoksella ajoneuvon korissa, runkopalkissa tai muussa riittävän lujuuden omaavassa rakenteessa olevaan alkuperäiseen kiinnityspisteeseen taikka johonkin näistä kiinnitettyyn tähän tarkoitukseen valmistettuun kiinnikkeeseen; omavalmisteisten kiinnikkeiden lujuudesta, mahdollisista hitsauslisäaineista sekä hitsaustyöstä on esitettävä selvitys;*

Kiinnityksessä kannattaa hyödyntää alkuperäisiä kiinnikkeitä mahdollisuuksien mukaan. Kuten sanottua, omavalmisteiset kiinnikkeet ovat mahdollisia, kunhan ne on tehty asiallisesti.

*d) jos ajoneuvoon asennettava ohjausvaihte sijaitsee alkuperäistä edempänä, on ohjausakselin oltava nivelöity; kokoonpainuvaa tai nivelöityä ohjausakselia ei saa vaihtaa jäykkään; ja*

Toinen vaihtoehto on vaihtaa vain ohjausakseli sellaiseen, jossa on sähköinen ohjaustehostin, jolloin alkuperäisen hydraulisen tehostimen voi poistaa käytöstä. Tällöin on otettava huomioon edellä mainitut vaatimukset.

*e) ohjauslaitetta tai sen osia, mukaan lukien ohjauspyörä, joiden on edellytetty ajoneuvon käyttöönottoajankohtana olevan E-säännön, direktiivin tai FMVSS-standardin mukaiset, tulee muutoksen jälkeen osoittaa sanotut vaatimukset täyttäväksi.*

Tämän kohdan vaatimukset koskevat lähinnä EY-tyyppihyväksytyjä autoja, eli käytännössä vuonna 1998 tai myöhemmin käyttöönotettuja autoja.

*Ajoneuvoon saa asentaa ohjausvaimentimen tai ohjaustehostimen edellyttäen, että se on ajoneuvotyyppiin soveltuva ja muutos ei lisää olennaisesti ohjauslaitteisiin kohdistuvia rasituksia eikä rajoita ohjauslaitteiden liikeratoja. Jos ajoneuvo on alun perin varustettu ohjausvaimentimella tai ohjaustehostimella, ei*

*kyseistä laitetta saa poistaa, paitsi jos ajoneuvo muutoksen jälkeen vastaa ilman kyseistä laitetta hyväksytyä ajoneuvoa.*

Ajoneuvotyyppiin soveltuva ohjaustehostin on melko tulkinnanvarainen ilmaisu, mutta vaatimus täyttyy varmasti, kunhan ohjaus toimii moitteettomasti muunnoksen jälkeen.

Kolmantena vaihtoehtona on korvata alkuperäinen hihnalla pyörivä hydraulipumppu sähköisellä. Tässä tapauksessa kiinnitys on edelleen tehtävä asiallisesti. Tietysti pumppu on valittava siten, että sen ominaisuudet riittävät ohjauksen tehostamiseen kaikissa ajotilanteissa, jotta katsastajallakaan ei ole sanomista.

Jarrujen tehostuksen osalta määräyksessä on vain maininta ”tarvittaessa on käytettävä tehostusta”. Toisin sanoen jarruja voi käyttää ilmankin tehostusta, mikä ei ole suositeltavaa ellei ole aivan varma mitä olet tekemässä. Monissa autoissa on kuitenkin erilaisia sähköisiä tehostimia, joita voi helposti hyödyntää. Mainittuja muutoksia käsitellään vielä tarkemmin myöhemmissä osioissa.

Sähkökäyttöisen auton tulee myös täyttää ajoneuvoille asetetut EMC-vaatimukset (Electromagnetic Compatibility), joka tarkoittaa käytännössä sähkömagneettisten häiriöiden tuottamista ja sietämistä. Tämä on ehkä kaikista kinkkisin lainsäädännön eteen tuoma vaatimus, josta ei ole aivan yksiselitteistä tietoa saatavilla ja siksi asiaosaava katsastaja voi olla asian suhteen korvaamaton apu. Voimassa oleva Ajoneuvolaki<sup>5</sup> sanoo seuraavaa:

*Ajoneuvon energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt sekä haitalliset ympäristövaikutukset, kuten kaasumaiset päästöt, hiukkaspäästöt, melu ja sähkömagneettiset häiriöt, eivät saa tarpeettomasti poiketa ajoneuvon valmistusajankohdan yleisen teknisen tason mukaisten ajoneuvojen vastaavista vaikutuksista eivätkä tarpeettomasti aiheuttaa riskiä terveydelle tai ympäristölle.*

Tämän pykälän voisi tulkita siten, että muutoskatsastuksessa voitaisiin hyväksyä yksittäinen auto ilman kalliita EMC-sopivuusmittauksia, kunhan auto on suunniteltu ja toteutettu sähkömagneettiset häiriöt huomioon ottaen. Tämä tarkoittaa mm. komponenttien olevan EMC-hyväksytyjä ja

---

<sup>5</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090>

asianmukaisesti koteloituja, sekä johdotusten ja kaapelointien olevan riittävän laadukkaita. Kaapelit eivät esimerkiksi saa muodostaa kieppejä, jotka voisivat indusoida magneettikenttiä ja signaalijohdot tulee toteuttaa kierrettyillä parikaapeleilla. Mikäli mittaus kuitenkin vaaditaan, sellaisen saa suoritettua Suomessa noin 5000€ hintaan. Mittaus saattaa tulla kyseeseen ainakin EY-tyyppihyväksytyissä autoissa, eli vuonna 1998 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa autoissa. Joidenkin tulkintojen mukaan mittaus olisi pakollinen kaikkiin vuonna 1993 tai myöhemmin käyttöönotettuihin autoihin. Lisätietoa löytyy esimerkiksi sähköautot.fi wikistä<sup>6</sup>, josta löytyy muutenkin paljon tietoa muunnettuja sähköautoja koskevasta lainsäädännöstä ja vaatimuksista sekä kaikesta muusta aiheeseen liittyvästä.

Suomessa kun ollaan, on oleellista käsitellä hieman myös muunnetun auton verokohtelua. Muunnos on järkevää toteuttaa siten, että autoa ei jouduta rekisteröimään uutena autonä, mikä toisi mukanaan myös uutta autoa koskevat vaatimukset ja muun muassa autoveron maksamisen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että auton osista ei saa vaihtaa yli 50 %. Voimassa olevan prosenttitaulukon<sup>7</sup> mukaan moottori apulaitteineen muodostaa autosta 26 %, josta itse moottori 14 %-yksikköä. Toisin sanoen, tästä vaatimuksesta ei pitäisi koitua päänvaivaa, ellei autoa ole jo valmiiksi muutettu reippaammin esimerkiksi kolarikorjauksen vuoksi. Toinen verotusseinikka on auton ajoneuvovero<sup>8</sup>, jota maksetaan auton käytön aikana. Muunnetun auton perusvero pysyy todennäköisesti samana, sillä se perustuu etenkin vanhemmissa autoissa auton kokonaismassaan. Ajoneuvoveroon kuuluu kuitenkin myös käyttövoimavero, joka on sähköautojen osalta 1,5 senttiä per päivä per alkava 100 kg auton kokonaismassassa. Esimerkiksi 2000 kg kokonaismassan auton käytöstä pääsee siis maksamaan 0,3 € käyttövoimaveroa joka ikinen päivä. Mikäli muunnettava auto on alun perin dieselkäyttöinen, on siitä tietysti maksettu korkeampaa käyttövoimaveroa (5,5 snt/pv/alkava 100kg), jolloin sähkömuunnos laskee veroa reilusti.

Lopuksi mainitsen vielä lyhyesti poikkeuslupamenettelyn. Trafilta on mahdollista hakea erityistä poikkeuslupaa jonkin muutoksen tekemiseen, joka ei edellä mainittujen määräysten perusteella ole

---

<sup>6</sup> <http://www.sahkoautot.fi/wiki:start>

<sup>7</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141270>

<sup>8</sup> [https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron\\_rakenne\\_ja\\_maara](https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara)

mahdollista. Tällainen hakemusprosessi on huomattavasti monimutkaisempi ja vaatii tekijältään kokemusta sekä ammattitaitoa autojen parissa, mutta joka tapauksessa sen avulla vaikkapa kahdella moottorilla toteutettu nelivetoinen auto voi olla mahdollista hyväksyä tieliikenteeseen.

## 5. Budjetointi

Lukijaa saattaa myös askarruttaa rahapuoli, eli paljonko muunnoksen tekemiseen oikein pitäisi varata rahaa ja aikaa. Lähtökohtaisesti suosittelen valmiin muunnossarjan hankkimista, sillä siinä välttyy suurelta määrältä työtä komponenttien valinnassa, etsimisessä ja tilaamisessa eri toimittajilta. Valmiissa sarjoissa tämä työ on tehty puolestasi ja siitä maksettava hinta on erittäin kohtuullinen. Tietenkin jotkut muunnosta suunnittelevat haluavat nimenomaan käyttää aikaansa myös tähän ja ymmärrän heitä täysin, onhan kyseessä harrastus. Tässä osiossa erittelen kuitenkin hieman kustannuksia, joita muunnoksen tekemisessä syntyy.

Muunnossarjoja on tarjolla hyvin monenlaisia. Yksinkertaisimmillaan sarjaan kuuluu vain moottori ja sen ohjainlaite. Tätä tekstiä lukiessa varmasti ymmärtää, että näillä ei vielä pääse kovinkaan pitkälle. Parhaimmillaan muunnossarja voi sisältää kaiken tarvittavan: moottori, ohjainlaite, mittaristo, shuntti, vaihteiston adapterilevy, latauselektronikka, latauspistorasia, jäähdytysjärjestelmä, muuntaja, komponenttien kiinnitystarvikkeet, akkulaatikko ja akkukennot, kaapeloinnit, sulakkeet sekä asennukseen tarvittavat pientarvikkeet. Tällaisen sarjan hinnaksi muodostuu helposti jopa 20 000 € toimitettuna.

Komponentit erikseen hankittaessa voi päästä hieman halvemmalla. Olen koonnut seuraavaan listaan arvioituja hintoja eri komponenteille. Monissa komponenteissa on melko suurikin hintahaarukka, joka taas selittyy komponentin ominaisuuksilla. Esimerkiksi akuston hintaan vaikuttaa erittäin paljon valittu teknologia (lyijyakku vs. litiumioniakku), sekä haluttu auton toimintamatka. Karkeana nyrkkisääntönä internetissä on esitetty, että 10 km toimintamatkaa maksaa aina 1000 €, jolloin esimerkiksi 100km toimintamatka maksaisi 10000 €. Akkutekniikka tosin kehitty tällä hetkellä hyvin nopeasti, jolloin myös hinnat laskevat jatkuvasti.

- Muunnettava auto 3000-5000 €
- Akusto 2000-10000 €
- Akun hallintalaitteisto 1000 €
- Latauslaite 500-1500 €

- Moottori ja ohjainlaite 3000-5000 €
- Käyttöliittymän toteutus 500-1000 €
- DC-DC muunnin (12 V järjestelmää varten) 300-500 €
- Jarru- ja ohjaustehostimien muutokset 1000 €
- Johdot ja kaapeloinnit 500-1000 €
- Teetettävät kiinnitysosat 0-300€
- Muut tarvikkeet 200€
- Universaali tai merkkikohtainen muunnossarja, joka sisältää suurimman osan edellä mainituista (ilman akkua ja autoa) 7000-13000 €
- Viranomaismaksut 200 €
- Testaukset ja mittaukset 200-5000 €
- Asennustyö 0-2000 €

Valmiin mallikohtaisen muunnossarjan asentamisen voi parhaimmillaan hoitaa jopa yhden viikonlopun aikana ainakin tällaisten sarjojen myyjien mukaan. Todellisuudessa varautuisin kuitenkin projektin kestävän viikkoja, pahimmillaan tai parhaimmillaan jopa vuosia. Jokaisen rakentelijan omien mieltymysten mukaisesti kannattanee käyttää myös ammattilaisten apua niissä osioissa, jotka eivät ole itselle tuttuja tai muuten mieluisia. Tämä voi lyhentää projektin kestoa huomattavasti. Mikäli rakentelun edetessä joudutaan teettämään uusia osia, tulee näistä helposti jopa viikkojen viivästyksiä, jolloin projekti ei etene lainkaan.

## 6. Autosta tarvittavaa tietoa

Tulet tarvitsemaan muunnoksen tekemiseen paljon tietoa muunnettavasta autosta. Helpoimmat tarvittavat tiedot ovat auton tekniset ominaisuudet, jotka löytyvät usein kohtalaisen helposti esimerkiksi auton rekisteriotteesta. Tällaisia tietoja ovat:

- Omamassa ja kokonaismassa, joista saat laskettua kantavuuden.
- Etu- ja taka-akseleiden suurimmat sallitut massat.
- Auton teho.

Muuten auton tietoja kannattaa selvittää laajemmin esimerkiksi hankkimalla kyseisen auton korjausopas. Myös internetin keskustelufoorumeilla on runsaasti tietoa lähes autosta kuin autosta, ellei ole hankkinut jotakin hyvin eksoottista autoa.

Kun olet saanut selville autosi kantavuuden, tiedät kuinka paljon autoon voi lisätä massaa laillisuuden rajoissa. Rekisteritiedoissa merkittyy omamassaan on laskettu mukaan 75 kg kuljettaja. Itse auto kuitenkin harvemmin painaa juuri rekisteriin merkityn lukeman verran, jolloin joudut joka tapauksessa punnitsemaan auton. Esimerkiksi jätteen vastaanottolaitoksilla on kätevää punnita auto, mikäli tallista ei satu löytymään tarpeeksi järeää puntaria. Ota huomioon myös, että jokaista matkustajaa varten tarvitaan 75 kg kantavuutta. Mikäli tämä vaatimus ei täyty, joudut vähentämään auton istumapaikkoja. Seuraavaksi sinun on etsittävä arvio auton moottorin massasta. Tämä tieto on todennäköisesti löydettävissä internetistä, mutta pahimmassa tapauksessa voi joutua punnitushommiin. Myös muiden autosta poistettavien komponenttien massan joutuu arvioimaan tai muutoin selvittämään, mikäli kantavuuden haluaa käyttää viimeistä kiloa myöden. Tällaisia komponentteja ovat esimerkiksi pakoputkisto ja mahdollisesti ohjauksen ja jarrujen tehostinlaitteet. Toisaalta saattaa olla, että haluat saada aikaiseksi mahdollisimman kevyen auton, jolloin tästä massaharjoituksesta on myös hyötyä. Polttoainesäiliö muuten lasketaan myös mukaan auton omamassaan täyteen tankattuna. Bensiinin tiheys on noin 0,75 kg/l ja dieselin noin 0,8 kg/l. Autoa voi tietenkin keventää myös muilla tavoin. Suosittuja keinoja on takapenkin, äänieristeiden ja sisustuksen paneelien poistaminen, varapyörän korvaaminen paikkapullolla, 12 V akun pienentäminen, sekä erilaiset lasikuituiset koripaneelit, kuten konepeitot ja etulokasuojat. Alumiinivanteet harvoin ovat yhtään peltivanteita kevyemmät.

Kuten lainsäädäntöä käsittelevässä osiossa jo kerroinkin, on auton tehopainosuhteelle määritelty vähimmäisrajat. Omamassan ja tehon perusteella saat selville mikä raja autoasi koskee.

Myös monet auton mekaaniset ominaisuudet joutuu selvittämään suunnittelua varten etukäteen, ellei halua keskeyttää rakentelua useaan otteeseen tarvittavien osien valmistamista odotellessa. Tällaisia tietoja on esimerkiksi moottorin kiinnityspisteiden sijainti ja malli. Autoon hankittavasta sähkömoottorista joko on tai ei ole saatavilla tietoa kiinnikkeistä. Sama pätee auton alkuperäisen polttomoottorin kiinnikkeisiin. Jos nämä on kuitenkin riittäväällä tarkkuudella selvitettävissä esimerkiksi 3D-mallin avulla, voi moottorin kiinnittämisen konehuoneeseen suunnitella jo etukäteen. Jos kiinnikkeitä taas ei voi suunnitella etukäteen, on se suunniteltava huolellisen mittauksen avulla auton konehuoneessa moottoria sinne sovittaessa. Lainsäädännölläkin oli tähän sanottavansa: kiinnikkeet on tehtävä asiallisesti ja niistä on esitettävä selvitys.

Sähkömoottori pitää myös liittää vaihteistoon jollakin tavalla. Mallikohtaisissa muunnossarjoissa yleensä tulee mukana adapterilevy, mutta sellaisen suunnitteleminen ja teettäminen on myös mahdollista. Tekee vain sähkömoottorin ja vaihdelaatikon kiinnitysrei'istä piirustuksen vaikkapa CAD-ohjelmalla ja lähettää sellaisen laserleikattavaksi riittävän paksusta teräksestä. Seuraavaksi pitää miettiä kytkimen toteutus. Mikäli auton alkuperäinen polkimella käytettävä kytkin halutaan säilyttää (ja käyttää eri vaihteita), tulee sähkömoottoriin liittää vauhtipyörä, joka on yhteensopiva auton oman (tai jonkin toisen sopivan) kytkinlevyn kanssa. Mikäli vaihteita taas ei haluta käyttää, voi moottorin yhdistää vaihdelaatikkoon kiinteällä kytkimellä. Tässä osaavan konepajan hyödyntäminen on paras ratkaisu. Jälleen valmiit muunnossarjat auttavat huomasti, sillä niiden mukaan voi usein tilata molempiin toteutuksiin sopivat osat.

Auton muista järjestelmistä tulee selvittää etenkin ohjauksen ja jarrujen tehostuksen toteutus. Mikäli nämä eivät ole jo valmiiksi sähköisiä, joudut suunnittelemaan niiden sähköistuksen. Internetistä löytyy jälleen tietoa.

## 7. Sähkömoottori

Sähkömoottoreissa on loputtomasti vaihtoehtoja, sillä sähkömoottorit ovat hyvin yleinen komponentti erilaisissa teollisuuden sovelluksissa ja näitä samoja sähkömoottoreita voidaan käyttää myös auton ajamiseen. Moottorin valintaan on siten hankalaa antaa yksiselitteisiä ohjeita. Pikemminkin rakentelijan tulee pohtia, millaisia ominaisuuksia autoltaan haluaa ja lähteä sitten etsimään sopivaa moottoria näiden saavuttamiseksi. Esimerkiksi teho ja vääntö ovat ihan hyvä lähtökohta, mutta toisaalta määrääväksi tekijäksi voi muodostua myös hinta. Toisaalta kannattaa katsoa millaisia moottoreita muut rakentelijat ovat käyttäneet ja mahdollisuuksien mukaan pyrkiä käyttämään samoja tai samankaltaisia, jolloin internetistä ja muilta rakentelijoilta kysymällä voi saada kullanarvoisia vinkkejä ongelmien sattuessa kohdalle.

Sähkömoottoreissa on kaksi selvästi erilaista teknologiaa: tasavirtamoottorit ja vaihtovirtamoottorit. Nykyisin suositellaan käytettäväksi vaihtovirtamoottoria, sillä niillä on tasavirtamoottoreita parempi hyötysuhde sekä niiden avulla voidaan toteuttaa regeneroiva (eli akkuja lataava) jarrutus helpommin.

## 8. Akusto

Akuston valinta on ehkä sähköauton kriittisin osuus. Ensimmäisenä on haarukoitava haluttua toimintamatkaa ja suhteutettava se muunnettavan auton kokoon, massaan ja kantavuuteen. Akkuteknologioissa on käytännössä kaksi vaihtoehtoa, lyijyakut ja litiumakut. Lyijyakut ovat halpoja ja niillä saavutetaan helposti 20-30 km toimintamatka melkein autossa kuin autossa. Toisaalta ne ovat myös painavia ja vievät paljon tilaa, jolloin niiden asentaminen pieneen autoon voi olla hankalaa tai mahdotonta. Litiumakuilla taas päästään helposti tuplasti pidempään toimintamatkaan saman painoisella akulla, mutta myös hinta on kaksin tai kolminkertainen. Pidemmässä juoksussa akkujen hintaero kylläkin tasoittuu, sillä lyijyakut kuluvat loppuun huomattavasti nopeammin. Käyttöikä riippuu tietysti käytöstä, mutta karkeasti voisi todeta litiumakkujen kestävän 2-4 kertaa lyijyakkuja pidempään samanlaisessa käytössä.

Akkuja on saatavilla uutena moneltakin eri toimittajalta, mutta myös käytetyn akun hankkiminen voi olla toimiva ratkaisu. Esimerkiksi erilaisia golfautojen akkuja voi olla saatavilla käytettynä. Suomessa toimii myös autovahinkokeskus, joka ostaa vakuutusyhtiöiltä kolaroituja tai muuten vaurioituneita autoja. Hyvällä tuurilla saatat bongata heidän valikoimastaan jonkin varastetun sähköauton, jonka akusto ja muu tekniikka on vielä aivan kunnossa. Tällaisen auton ostaminen on riskialtista, sillä komponenttien kunnosta ei saa yleensä mitään takuuta. Toisaalta hintakin voi olla houkutteleva.

Akuston sijoittelusta puhuttiinkin jo hieman aiemmin. Akku tulee sijoittaa mahdollisimman matalalle ja siten, että auton paino jakautuu tasaisesti etu- ja taka-akselille. Asentaminen matkustamoon ei ole suositeltavaa turvallisuussyistä. Hyvä paikka saattaa löytyä vanhan polttoainesäiliön paikalta. Toisaalta myös moottoritalasta vapautuu polttomoottorin poistuessa tilaa, jonka voi hyödyntää akustolle.

Akkukennoja varten joutuu hankkimaan tai valmistamaan järeän koteloinnin. Sen on kestettävä mahdollisesti akkujen vuotamia happoja tai muita kemikaaleja, sekä suojattava akkua lämpötilalta (etenkin kylmältä) ja vaurioitumiselta. Siksi kotelon kannattaa valmistaa esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä. Kotelo kannattaa myös kiinnittää runkoon mieluiten ylimitoitettulla pulttikiinnityksellä tai jopa hitsaamalla, jotta se ei pääse missään tapauksessa irtoamaan vaikkapa kolaritilanteessa.



## 9. Käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus

Sähköauton ajamisessa on joitakin eroavaisuuksia polttomoottoriauton ajamiseen verrattuna. Ensimmäinen ja tärkein lienee ajopoljin – tutummin kaasupoljin – jonka käytös voi olla hyvinkin erilainen sähkömoottoria ohjattaessa. Polttomoottorin tapauksessahan kyseinen poljin säätelee moottorille syötettävän polttoaineseoksen määrää, joka epäsuorasti vaikuttaa moottorin tuottamaan vääntömomenttiin ja tehoon. Lopputulos on vieläpä kierrosluvusta voimakkaasti riippuvainen, kuten ainakin jokainen vauhdikkaampaa ajoa harrastanut tietää. Sähkömoottorissa polkimella taas säädetään moottorille syötettävää sähkövirtaa, joka on huomattavasti suuremmin yhteydessä moottorin tuottamaan vääntömomenttiin. Lisäksi vääntömomentti on hyvin suuri heti nollakierrosluvusta alkaen, mikä tuntuu voimakkaampana kiihtyvyytenä jo pienelläkin kierrosluvulla. Sähkömoottorilla on myös sellainen vinha ominaisuus, että sitä voidaan käyttää auton jarruttamiseen paljon polttomoottoria hienostuneemmin. Nimittäin kääntämällä moottori ikään kuin lataavaan asentoon ja säätämällä sen kuormitusta, saadaan aikaan voimakas jarruttava vääntömomentti. Joissakin sähköautoissa on otettu käyttöön ajopolkimia, joissa polkimen nostaminen ei johda miellyttävään lempeään moottorijarrutukseen vaan pikemminkin jarrutukseen verrattavissa olevaan hidastuvuuteen, jolloin jarrupoljinta ei tarvitse välttämättä käyttää juuri lainkaan. Bonuksena on vielä regeneroiva eli lataava jarrutus, jossa jarrutuksen tuottama energia syötetään akkuun uudelleen käytettäväksi, mikä jatkaa parhaimmillaan auton toimintasädetä merkittävästi. Tämä jarruttaminen voidaan yhdistää myös jarrupolkimeen tai jättää kokonaan pois käytöstä. Tämän toiminnallisuuden suunnittelu ja siihen liittyvät valinnat kannattaa tehdä jo hyvissä ajoin ennen komponenttien hankkimista, jotta voi varmistua moottorin, akun, ohjainlaitteiden ja muiden laitteiden tukevan haluttuja toimintoja. Jos regeneroinnin haluaa yhdistää jarrupolkimeen, joutuu miettimään myös jarrupolkimeen tai jarrujärjestelmään liitettävää anturia, jolla voidaan tunnistaa jarrupolkimen painalluksen voimakkuus. Joissakin valmiissa rakennussarjoissa tulee mukana ajopolkimia ja moottorin ohjainlaitteita, joissa nämä erilaiset ajopolkimen ja jarrun toiminnallisuudet ovat valmiiksi toteutettuna ja niiden väliltä voi valita haluamansa jopa kesken ajon.

Seuraavaksi pohditaan kytkintä ja vaihteistoa. Auton valintavaiheessa on varmasti jo pohdittu, tuleeko autosta vaihteeton, manuaalivaihteinen vai automaattivaihteinen. Jälleen kerran on tehtävä valintoja. Sopivan sähkömoottorin vääntömomentti riittää mainiosti kampeamaan

isommankin auton liikkeelle käyttäen jotakin lähes suoraa välityssuhdetta jo olemassa olevassa auton vaihdelaatikossa. Useimmiten manuaalivaihteisen auton toiseksi suurimman vaihteen välityssuhde on suurin piirtein 1:1. Yksinkertaisimmillaan voimalinjan voikin rakentaa niin, että sähkömoottori kytketään suoraan vaihdelaatikon jatkoksi ja laatikkoon kytketään pysyvästi tämä suora vaihde. Tällöin saavutetaan kohtuullinen kiihtyvyys ja useimmiten kohtuullisen hyvä huippunopeus. Peruutusvaihteen voi toteuttaa ajamalla sähkömoottoria takaperin! Monimutkaisempi vaihtoehto on lisätä sähkömoottorin ja vaihdelaatikon väliin kytkin, jotta voidaan vaihtaa vaihteita samoin kuin polttomoottorin kanssa. Näin saavutetaan mahdollisesti nopeampi kiihtyvyys ja suurempi huippunopeus, mutta järjestely monimutkaistaa toteutusta. Lisäksi kannattaa huomioida sähkömoottorin jo mainittu suuri vääntömomentti pienillä kierrosnopeuksilla, joka saattaa olla auton alkuperäiselle kytkimelle liikaa. Kytkimen komponentteja joutuukin todennäköisesti vaihtamaan järeämpiin. Mikäli lähtökohtana on suurella dieselmoottorilla tai muuten vain vääntävällä moottorilla varustettu auto, voi kytkin kuitenkin olla riittävä jo valmiiksi. Viimeiseksi jäävät erilaiset automaattiset vaihdelaatikat. Tärkeimpänä asiana automaattivaihteistoista kannattaa huomioida niiden huonompi hyötysuhde. Tämä tarkoittaa aina huonompaa suorituskykyä ja toimintamatkaa, joka korostuu sähköauton tapauksessa. Muunnos on kuitenkin mahdollinen, mikäli tiedät mitä haluat ja olet aivan varma asiasta. Erilaiset automaattit toimivat hyvin eri tavoin ja ne todennäköisesti tarvitsevat moottorilta jonkinlaista pyörintänopeussignaalia ja muuta tietoa. Tällaiset signaalit saa kyllä kohtuullisen helposti tuotettua suoraan sähkömoottorin ohjauslaitteella. Vanhemmat ja perinteisemmät vaihdelaatikat voivat hyvinkin toimia ilman suurempaa kikkailua, kunhan sähkömoottorin pyörintänopeudet pysyvät lähes samoina kuin alkuperäisen moottorin.

Itse rakennetun voimalinjan kanssa touhutessa järjestelmää joutuu säätämään monella tavalla, vaikka sähkömoottori onkin periaatteessa paljon polttomoottoria yksinkertaisempi myös tässä suhteessa. Myös tähän tarkoitukseen kannattaa miettiä minkälainen käyttöliittymä olisi paras omaan autoon. Helpointa on varmasti käyttää sopivaa kannettavaa tietokonetta ja kytkeä se järjestelmään aina tarvittaessa. Säädettäviin parametreihin kuuluu esimerkiksi akun jännitteen ylä- ja alarajat, moottorille syötettävän virran raja-arvot, ajopolkimen toiminnan ”jyrkkyys”, erilaisia turvarajoja lämpötiloille eri komponenteissa ja tietysti myös vääntömomentin ja maksimitehon rajoituksia.

Luultavasti järjestelmää halutaan myös säätää ajon aikana, jolloin jokin autoon kiinteästi asennettu tietokone tai tabletti voi tulla kyseeseen. Tällaisen avulla on myös helpompi toteuttaa erilaisia mittaristonäkymiä järjestelmän valvomiseen ja ajamisen tueksi. Sähkömoottorin ja akun ohjaukseen käytetään jotakin tarkoitukseen sopivaa ohjainlaitetta, joita käsiteltiin jo aiemmin. Ohjainlaitetta valitessa kannattaa jälleen varmistaa, että se tukee haluamiasi toimintoja myös ulkoisen käyttöliittymän kannalta ja on liitettävissä esimerkiksi usb-kaapelilla tietokoneeseen. Toki nämä kaikki toiminnot voidaan toteuttaa myös yksinkertaisemmilla vivuilla, nupeilla ja kytkimillä, joka sisältää myös jonkin verran askartelua.

Vaikka sähkömoottoria ei tarvitsekaan erikseen käynnistää tai sammuttaa, joutuu auton tapauksessa miettimään kuitenkin muiden järjestelmien käynnistämistä ja sammuttamista. Tavallisesti auton virtalukko toimii rattilukkona ja pääkytkimenä. Saattaa kuitenkin olla, että sähköautoksi muuntamisen jälkeen tämä ei ole enää toimiva ratkaisu. Jälleen kerran vaihtoehtojen punnitseminen jää rakentelijalle. Auton monet järjestelmät kuitenkin toimivat 12 V jännitteellä, joka saa virtansa joko erillisestä matalajännitteisestä akusta tai sitten ajoakusta jännitteen alentajan kautta. Näiden järjestelmien ”herättäminen” voi olla viisasta toteuttaa alkuperäisellä virtalukolla, jolloin myös rattilukko tai muu ajonestolaite toimii normaalisti. Sähkömoottorin ohjainlaitteiden käynnistäminen saattaa ottaa jonkin verran aikaa, eli käytännössä näidenkin järjestelmien herättäminen voisi olla järkevää toteuttaa tuon virtalukon kautta. Vaihtoehtoisesti rattilukon tai vastaavan voi jättää erilliseksi toiminnoksi ja laittaa muille järjestelmille omat katkaisijat kojelautaan. Tällä tavalla saa ainakin lentokonemaista fiilistä auton käyttämiseen, kun liikkeelle lähteminen vaatii kaikkien laitteiden käynnistämisen erikseen. Lisäksi kannattanee harkita jotakin näkyvään paikkaan sijoitettua pääkytkintä, jolla voi kytkeä ajoakun tarvittaessa irti esimerkiksi hätätilanteiden sattuessa tai säilytystä varten. Tällainen kytkinhän on vaatimuksena jo turvallisuussäännösten kannalta.

## 10. Lataus

Sähköautoja tankataan lataamalla. Valitettavasti akkujen lataaminen on huomattavasti hitaampaa polttoaineen tankkaamiseen verrattuna. Auton latauksen voi myös toteuttaa monella eri tavalla ja erilaisten tekniikoiden ominaisuudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tässä osiossa käsitellään eri vaihtoehtoja latauksen toteuttamiseksi budjetin ja käytön kannalta sopivalla tavalla.

Akut toimivat poikkeuksetta tasavirralla. Rakennuksissa sen sijaan käytetään yleisesti 230V vaihtovirtaa. Akkujen lataamiseksi vaihtovirta on muunnettava akuille sopivaksi tasavirraksi. Tähän on tarjolla erilaisia latauslaitteita. Sarjavalmistetuissa sähköautoissa toimitetaan yleensä mukana latauslaite, jolla auton voi kytkeä suoraan vaikkapa parkkipaikan lämmitystolpan pistorasiaan. Tällainen järjestely on periaatteessa hyvin kätevä, koska tavallisia pistorasioita löytyy kaikkialta. Tavallisen pistorasian kautta saadaan kuitenkin hyvin rajallisesti sähköä auton lataamiseen. Vähänkään suuremman akun lataamiseen voi kulua toista kymmentä tuntia, sillä virta on rajoitettu 16 ampeeriin, usein vieläkin pienemmäksi, ja siten latausteho on enintään noin 3,7 kW. Lataus ei ole häviötöntä, jolloin todellisuudessa akkuun päätyy pienempi teho. Tällöin esimerkiksi 50 kWh akun lataaminen vaatii yli 14 tuntia. Lisäksi tavallista pistorasiaa ei ole suunniteltu tällaiseen käyttöön ja se saattaa pidemmän päälle alkaa kuumentua ja lopulta sulaa käyttökelvottomaksi tai jopa aiheuttaa tulipalon.

Nopeamman latauksen voi toteuttaa hyödyntämällä erilaisia pikalatausstandardeja. Niissä autolle syötetään suoraan sopivaa tasavirtaa erityisellä latauslaitteella, jolloin ei olla riippuvaisia pistorasian kapasiteetista. Tällöin autoa voi myös ladata sähköautoille tarkoitetuilla latausasemilla, joita löytyy nykyään jo monilta huoltoasemilta ja esimerkiksi työpaikkojen ja ostoskeskusten parkkihalleista. Tällaisella järjestelyllä voidaan parhaimmillaan ladata akku 80 % täyteen jopa puolessa tunnissa.

Kumpikin latausmenetelmä vaatii kuitenkin autoon sisäänrakennetun latauselektronikan, joka tarkkailee akkua ja säätelee latausta sopivaksi kulloisenkin lämpötilan ja lataustason perusteella. Jälleen kerran valmiissa muunnossarjoissa tällaiset latauslaitteet ovat mukana valmiiksi mietittynä.

## 11. Muut järjestelmät

Polttomoottori toimii autoissa monenlaisten järjestelmien toiminnan perusjalkana. Siksipä moottorin korvaaminen sähkömoottorilla vaatii näiden järjestelmien toteuttamisen toisella tavalla. Esimerkiksi jo käsitellyt jarru- ja ohjaustehostimet usein vaativat käyttövoimaa polttomoottorilta.

Onneksi ralli- ja rata-autoilun harrastajat ovat rakennelleet sähköisiä (ja säädettäviä) tehostuksia jo vuosikaudet ja heidän kauttaan voi löytää jopa täysin valmiita sarjoja. Internetin keskustelufoorumit auttavat jälleen. Toisaalta myös sähköauton muunnokseen sopivia komponentteja ja rakennussarjoja myyvät yritykset ovat tiedostaneet tämän ongelman ja alkaneet tarjota niihin valmiita ratkaisuja. Kannattaa tutkia valikoimaa ja kysyä myös heiltä neuvoa.

Auton omat järjestelmät toimivat 12 V akulla, jota perinteisesti ladataan polttomoottorin pyörittämällä generaattorilla. Periaatteessa 12 V akun voisi poistaa autosta ja syöttää näille järjestelmille tarvittavan sähkövirran tasavirtamuuntajan avulla suoraan ajoakulta. Auton turvallisuuden (ja lainsäädännön) kannalta akku kuitenkin kannattaa säilyttää, sillä ajoakun mennessä tyhjäksi tai vaikkapa muuntajan rikkoutuessa autosta tulisi täysin pimeä ja toimimaton. Siksi auton alkuperäinen 12 V akku kannattaa säilyttää mukana tai korvata hieman pienemmällä akulla, jotta näissä tilanteissa ainakin auton valot edelleen toimivat. Tätä akkua ladataan tasavirtamuuntajan avulla.

Kuten polttomoottorikin, myös sähkömoottori, akusto ja sen ohjauselektronikka tarvitsevat jäähdytystä. Muunnossarjojen mukana toimitetaan usein jonkinlaisia jäähdytyselementtejä, mutta myös auton alkuperäisiä jäähdytysjärjestelmiä voi hyödyntää. Sähkömoottorissa saattaa olla valmiiksi mahdollisuus nestejäähdytykselle, jolloin tarvitsee vain vetää tarvittavat letkut ja mahdollisesti lisätä sähköinen kiertovesipumppu. Akun jäähdytykseen saattaa joutua rakentelemaan jonkinlaisia lämmönvaihtimia, mutta tähänkin yleensä löytyy valmis ratkaisu komponenttitoimittajilta. Suomen olosuhteissa akku saattaa myös tarvita lämmitystä, jotta se toimii optimaalisesti myös talvipakkasilla. Tätä varten akkulaatikkoon voi joutua asentamaan jonkinlaisen lämmitysmaton ja lämpöeristeitä.

Perinteisessä polttomoottoriautossa tuulilasin huurteenpoisto ja matkustamon lämmitys hoidetaan polttomoottorin hukkalämmöllä. Sähkömoottorissa hukkalämpöä on tarjolla huomattavasti vähemmän, joten lämmitykseen joutuu miettimään muita ratkaisuja. Tuulilasin huurteenpoisto on myös auton turvallisuusmääräyksissä vaadittu asia, joten sitä ei voi niin vain sivuuttaa. Helppointa on asentaa alkuperäisen lämmityskennon tilalle jonkinlainen sähkövastus, mutta tarkoitukseen on saatavilla myös täysin erillisiä laitekokonaisuuksia. Tuulilasin huurteenpoisto on mahdollista toteuttaa myös suoraan lasin sisään laminoidulla sähkövastuksella. Talvikäyttöä varten voi olla järkevää asentaa autoon jopa diesel- tai bensiinikäyttöinen lisälämmitin. Jälleen kannattaa tutustua komponenttitoimittajan valikoimiin. Myös matkustamon ilmastointilaitte toimii perinteisesti polttomoottorin avulla. Mikäli ilmastoinnin sähköautoon haluaa, on sellainen järkevintä toteuttaa ilmalämpöpumpun avulla, jolloin toimintamatka ei kärsi liikaa.

## 12. Linkkejä

Sähköautomuunnoksista ja sähköautoista on saatavilla runsaasti tietoa erilaisista lähteistä. Ennen muutokseen ryhtymistä ja myös projektin aikana lienee hyödyllistä lukea kaikki löytämänsä tieto aiheesta, sillä asioita voi toteuttaa monella tavalla ja parasta oppia on muiden virheistä oppiminen. Tätä tarkoitusta varten laitan tähän loppuun kokoelman linkejä, joiden takaa pääsee alkuun.

<http://www.canev.com/faq.php> Myy mm. sähköautojen muunnossarjoja. Paljon tietoa aiheesta.

<http://www.mersuforum.net/forum/viewtopic.php?f=27&t=180218> Hieno sähköautomuunnos. Osa kuvista hukunut bittiavaruuteen.

<http://www.sauliala.fi/muunnossahkoauto-muuttaa-vahintaan-mielikuvia/> Äpycorolla.

<https://www.youtube.com/watch?v=DYcZUSwLz-8> Wheeler Dealers -jakso, jossa sähköistetty -85 Maserati Bi-Turbo.

<http://www.arctic-ev.fi> Suomalainen yritys, joka on erikoistunut sähköajoneuvomuunnoksiin.

<http://www.sahkokonepaja.fi/sahkoautot.html> Toinen suomalainen sähköautomuunnoksia tekevä yritys.

<http://www.evwest.com/> Myy sähköautomuunnossarjoja ja muita komponentteja. Sivulla myös hyödyllisiä laskureita ja muuta tietoa.

<http://www.electric-cars-are-for-girls.com/> Paljon tietoa sähköautomuunnoksien tekemisestä.

<http://www.sahkoautot.fi> Suomalainen sähköautojen muuntamiseen keskittynyt yhteisö. Sivulla mm. kattava Wiki, jossa runsaasti tietoa sähköautomuunnoksen tekemisestä ja sen viranomaisvaatimuksista. Paljon hyödyllistä tietoa myös keskustelualueella.

<http://autoharrastajat.fi> Autoharrastajien ja alan elinkeinonharjoittajien etujärjestö, joka keskittyy aiheeseen liittyvään edunvalvontaan. Sivuilta löytyy apua muun muassa lakien ja määräysten tulkittamiseen.