



## SÄHKÖAUTON MYYJÄN OPAS



C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 7

Veikko Brax

# **SÄHKÖAUTON MYYJÄN OPAS**

Centria ammattikorkeakoulu 2013

**JULKAISIJA:**

Centria ammattikorkeakoulu  
Talonpojankatu 2A, 67100 Kokkola

**JAKELU:**

Centria kirjasto- ja tietopalvelu  
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria ammattikorkeakoulu / markkinointi- ja viestintäpalvelut

C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 7  
ISBN 978-952-6602-56-1  
ISSN 2341-7846

## Suomessa on 900000 sähköautoa vuoteen 2030 mennessä...

Liikenne- ja viestintäministeriö on linjannut Suomen siirtyvän sähköautojen käyttöön. Se ennustaa Suomessa olevan vuonna 2020 noin 35.000 sähköautoa eli 1,5 % kaikista autoista. Vuoteen 2030 mennessä määrä kasvaa 900000:een eli 25 %:iin kaikista autoista. Arviot ovat minimi- ja maksimiarvojen välissä olevia realistisia lukumääriä. Vuoden 2030 jälkeen sähköauto korvaa polttomoottoriauton jossain vaiheessa.

Muutosvaihe on kuitenkin pitkä. Sen aikana käytetään erilaisia hybridautoja enemmän, kuin akun voimalla liikkuvia täyssähköautoja. Hybridauto soveltuu muutosvaiheessa Pohjois-Suomen pitkille etäisyyksille. Mutta niidenkin edullisuus tulee lataamalla akkua sähköverkosta mahdollisimman paljon.

Sähköajoneuvoilla on tarkoitus pienentää Suomen riippuvuutta fossiilisista polttoaineista: Fossiilisten polttoaineiden väitetään huonontavan Suomen ja koko maapallon ilmastoa. Sähköauton arvioidaan pienentävän liikenteen hiilidioksidipäästöjä Suomessa 15...20 % vuoteen 2030 mennessä.

Sähköajoneuvot ladataan sähköverkosta, jolloin niiden ajokustannukset ovat pienemmät. Suomen kannattaa tuottaa sähkö voimalaitoksilla verkkoon, ja ladata sähköauto verkosta. Norja ja Ruotsi tuottavat suuren osan sähköstään vesivoimalla. Niille sähköauto on Suomeen verrattuna vielä parempi vaihtoehto.

Sähköauton akun kyky varastoida energiaa on toistaiseksi vaatimaton, verrattuna nykyisen auton polttoainesäiliöön. Suurin este sähköauton yleistymiselle onkin lyhyempi toimintamatka, johon perinteisellä autolla on totuttu.

Sähköauton voi kuitenkin ladata yöllä, kun sähkön muu kulutus ja hinta ovat alhaisimmillaan. Sähköauto ei vaadi Suomeen uusia voimalaitoksia sähkön tuottamiseksi. Se vain tasoittavat Suomen sähköverkon vuorokautista toimintaa. Päivällä sähkö on kalliimpaa, ja silloin käyttämättä olevat sähköautot voivat jopa myydä akuistaan energiaa sähköverkkoon. Siksi pitää kehittää sähkön kulutuksen sähköistä asiointia.

Sähköisiin ajoneuvoihin liittyvän liiketoiminnan Suomessa arvioidaan kymmenkertaistuvan kahteen miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä. Sen jälkeen 2030-luvulla alan liiketoiminta aloittaa nopeasti varsinaisen kasvunsa.

EU velvoitti Suomen rakentamaan vuoteen 2020 mennessä noin 71000 latausasemaa sähköajoneuvojen lataamiseksi. Niistä valtaosa asennetaan autotalleihin, autokatoksiin ja kerrostalojen pysäköintitiloihin. Niiden lisäksi pitää rakentaa julkisia latauspalveluita huoltoasemille, kauppakeskuksiin ja pysäköintihalleihin yhteensä noin 7000 latausasemaa. Latauksen maksamiseen pitää kehittää uusia keinoja.

Sähköautojen ja sähköpolkupyörien valmistus Suomessa tulisi saada käyntiin vuoteen 2020 mennessä. Sähköajoneuvojen myyntiä ja huoltoa varten voisi kehittää palveluja. Julkisia latauspalveluita voisi kehittää kauppojen, pysäköintihallien ja huoltoasemien yhteyteen. Pelastuspalveluihin liittyviä toimintoja voisi kehittää, jotta suurjännitteisiä sähköautoja osataan käsitellä pelastustilanteissa. Autojen ja akkujen purkamopalveluiden toimintaa voisi kehittää, jotta raaka-aineiden kierrätettävyyks nousee korkeaksi. Käytetyille ja uusille akuille voi kehittää uusia käyttökohteita.

Liikenne- ja viestintäministeriö tukee yrityksiä, jotka osallistuvat sähköajoneuvojen ja latauspalveluiden kehittämiseen. Se on nimennyt TEM-tuen piiriin kuuluvat sähköajoneuvot.

Tekesin rahoittamassa EVE-hankkeessa käsitellään vain TEM-tuettuja ajoneuvoja. Nimestään huolimatta tämä opas esittelee sähköpolkupyörän ja sähköauton lisäksi niihin liittyviä erilaisia liiketoiminnan mahdollisuuksia.

## SISÄLLYS

1. Johdanto sähköajoneuvoihin .....	6
1.1. Mikä on sähköajoneuvo .....	6
2. Sähköajoneuvot, liiketoiminta ja asiakkaat .....	15
2.1. Liikennemäärät Oulussa ja Pohjois-Pohjanmaalla .....	15
2.2. Sähköajoneuvoihin liittyvä liiketoiminta .....	18
2.3. Sähköajoneuvon käytön kehitystä tuetaan .....	19
3. Oulusta sähköpolkupyöräilyn kaupunki .....	19
3.1. Suomessa myytävät sähköpyörät .....	19
3.2. Sähköpolkupyörän huolto .....	20
3.3. Sähköpolkupyörä kaupungin keskustassa .....	20
4. Oulusta sähköautoilun kaupunki .....	22
4.1. Miltä sähköauto tuntuu perinteiseen autoon verrattuna .....	22
4.2. Onko sähköauto halpa vai kallis .....	25
4.3. Suomessa myytävät sähköautot .....	29
4.4. Akku on sähköajoneuvon vaikein osa .....	33
4.5. Sähköauton ostaminen kotimaasta vai ulkomailta .....	39
5. Latausasemien ja verkostojen rakentaminen .....	41
5.1. Pistorasian lyhyt sähköoppi .....	41
5.2. Akun lataaminen kotona .....	43
5.3. Sähköauton lataaminen latauspalvelusta .....	48
5.4. Sähköinen asiointi .....	53
6. Huoltopalveluiden rakentaminen .....	54
6.1. Onko sähköauto turvallinen .....	54
6.2. Sähköauton käsittely poikkeustilanteissa .....	55
7. Sähköautojen ja akkujen kierrätys .....	57
8. Akkujen uusi käyttö ja uusiokäyttö .....	58
Lähdeluettelo .....	61

## Käsitteitä

### *Latausasema*

Sähköauton lataamiseen tarkoitettu esimerkiksi autotalliin tai autokatokseen kiinteästi asennettu järjestelmä.

### *Latausjärjestelmä*

Latausjärjestelmä koostuu laturista ja latauksen ohjaus- ja valvontatoiminnoista. Latausjärjestelmän sijaitessa autossa, puhutaan AC-latauksesta ja AC-latausasemasta. Latausjärjestelmän sijaitessa ajoneuvon ulkopuolella puhutaan DC-latauksesta ja DC-latausasemasta.

### *Latauspiste*

Piste, jossa sähköajoneuvo on liitetty kiinteään asennukseen. Se on pistorasia, jos latauskaapeli kuuluu sähköajoneuvoon. Se on latauspistoke, kun latauskaapeli on kiinteä osa latausjärjestelmää.

### *Lataustapa 1, (Mode 1)*

Sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (verkkoon) käyttäen syöttöpuolella korkeintaan 16 A ja 230 V yksivaiheista standardisoitua pistorasiaa, tehoa syöttäviä johtimia ja suoja- ja maadoitusjohtimia. Lataustapa 1 ei käytetä sähköautojen lataamiseen. (Hidas AC-lataus.)

### *Lataustapa 2, (Mode 2)*

Sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (verkkoon) käyttäen syöttöpuolella korkeintaan 32 A ja 230 V yksivaiheista tai 400 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä tehoa syöttäviä johtimia ja suoja- ja maadoitusjohtimia. Lisäksi käytetään ohjaustoimintoja sekä henkilösuojana toimivaa vikavirtasuojaa, joka sijoitettu pistotulpan ja sähköajoneuvon väliin tai liitäntäkaapelin osana olevaan koteloon. Lataustapaa 2 käytetään sähköautojen lataamiseen tilapäisesti tai rajoitetusti. (Keskinopea AC-lataus)

### *Lataustapa 3, (Mode 3)*

Sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (verkkoon) käyttäen erityistä sähköajoneuvon latausjärjestelmää, jossa ohjaus- ja valvontatoiminnot sijaitsevat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyssä sähköajoneuvon latausjärjestelmässä. Lataustapa 3 on suunniteltu erityisesti sähköautojen lataamiseen. (Nopea AC-lataus)

### *Lataustapa 4, (Mode 4)*

Sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (verkkoon) käyttäen ajoneuvon ulkopuolista laturia, jossa ohjaus- ja valvontatoiminnot sijaitsevat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyissä laitteissa. Lataustapaa 4 käytetään sähköautojen pikalataukseen. (DC-pikalataus)

### *Pistoke*

Latauskaapelin kiinteään asennuksen puoleinen pää. Kiinteä asennus tarkoittaa esimerkiksi autotalliin kiinteästi asennettua latausasemaa tai sähköajoneuvon lataukseen tarkoitettua pistorasiaa autotallassa.

### *Pistorasia*

Latauskaapelin pistokkeen vastakappale kiinteässä asennuksessa. Se voi tarkoittaa latausase-massa tai seinässä olevaa pistorasiaa. Latauskaapeli voi olla myös kiinteästi asennettu lataus- asemaan, jolloin pistorasiaa ei olekaan.

### *Latauspistoke*

Latauskaapelin auton puoleinen pää.

### *Latausliitin*

Latauskaapelin latauspistokkeen vastakappale autossa.

# 1. Johdanto sähköajoneuvoihin

## 1.1. Mikä on sähköajoneuvo

Suomessa sähköajoneuvo tarkoittaa esimerkiksi polkupyörää, kolmipyöräistä mopedia tai pientä nelipyöräistä autoa, henkilöautoa, pakettiautoa, linja-autoa, venettä, laivaa, lentokonetta tai junaa (19). Tässä oppaassa tarkastellaan niistä vain polkupyöriä, moottoripyöriä, henkilöautoja ja pakettiautoja.

### *Sähköpolkupyörä*

Suomessa sähköpolkupyörä on enintään 250 W:n sähkömoottorilla varustettu ajoneuvo. Siinä on vähintään kaksi pyörää, polkimet ja käsikammet ajamista varten. Sen moottori toimii vain poljettaessa ja vain alle 25 km/t nopeuksilla.

Täyteen ladatulla akulla voi ajaa yleensä noin 25...40km (20),(12). Yleensä akun voi irrottaa ja viedä sisälle latausta varten tai säilytettäväksi lämpimässä. Laturi on yleensä erillinen laite.

Sähköpolkupyörä on oikeastaan hybridiajoneuvo, jos sillä voi ajaa myös polkemalla. Kaura-moottorilla ajettaessa voi pyrkiä suurempiinkin nopeuksiin, nopeusrajoitusten puitteissa tietysti.

Sähköpolkupyörän kuljettamiseen ei tarvita ajokorttia eikä liikennevakuutusta. Sillä voi ajaa liikenteessä kuten tavallisella polkupyörällä. (20)

Taajamissa sähköpolkupyörä on alle 2 km matkoilla yhtä nopea kuin moottoripyörä. Sitä käytävät erityisesti taajamassa lyhyitä työmatkoja tekevät sekä pizzakuskin kaltaiset lähetit. (1),(9),(12)

### *Sähkömopo*

Suomessa sähkömopo on kaksi- tai kolmipyöräinen ajoneuvo, jonka sähkömoottorin teho on enintään 4 kW. Sähkömopon suurin nopeus on 45 km/t. (21)

Polkimin varustetun pienitehoisen sähkömopon teho on enintään 1 kW. Sen nopeus saa olla enintään 25 km/t. Se siis rinnastetaan hiukan sähköpolkupyörää vastaavaksi. (21) Sähkömopon toimintamatka täyteen ladatulla akulla on yleensä noin 65...80 km.

Mopolla saa kuljettaa aikuista matkustajaa, jos siinä on rekisteröity siihen tarkoitettu paikka. Muutoin mopolla saa kuljettaa alle 10-vuotiasta lasta.

Mopolla ei saa ajaa esimerkiksi pientareella tai pyörätiellä, eikä myöskään moottoriliikenteellä ja moottoritiellä. Maantie ja katu ovat mopolle sallittuja. Pyörätie on mopolle sallittu, jos se ilmoitetaan kilvellä "Sallittu mopoille".

### *Sähkömoottoripyörä*

Suomessa sähkömoottoripyörä on kaksipyöräinen ajoneuvo, jossa voi olla pyörällä varustettu sivuvaunu. Moottorin teho on tyypillisesti noin 4...10 kW ja suurin nopeus noin 90...170 km/t. Akun varausmäärä on tyypillisesti 3...10 kWh. Suuremman varausmäärän vuoksi akun voi myös

pikaladata parissa tunnissa.

Sähkömoottoripyörää käytetään samoihin tarpeisiin kuin sähköpolkupyörää. Se on polkupyörää ja mopoa nopeampi. Akun toimintamatka on kuitenkin suunnilleen sama kuin sähköpyörällä tai mopolla. (20), (21)

#### *Kevyt sähköauto*

Kolmipyörä:

Suomessa kolmipyörä on ajoneuvo, jossa on kolme symmetrisesti sijoitettua pyörää. Sen moottorin tehoon enintään 4 kW. Sen suurin nopeus saa olla yli 25 km/t. (21)

Kevyt nelipyörä eli mopoauto:

Suomessa kevyt nelipyörä on nelipyöräinen ajoneuvo, jonka moottorin teho enintään 4 kW ja jonka nopeus on enintään 45 km/t. Sen paino ilman akkuja on enintään 350 kg. (21)

Nelipyörä:

Suomessa nelipyörä tarkoittaa nelipyöräistä ajoneuvoa, jonka moottorin teho on enintään 15 kW. Sen paino ilman akkuja ja kuormaa on enintään 400 kg, ja sen kuorma on enintään 150 kg. (21)

Mopoauton ohjaamo antaa auton kaltaisen suojan sateelta ja viimalta. Mopoauton ohjaamon kestävyys kolaritilanteissa ei vastaa autoa. Mopolla saa kuljettaa aikuista matkustajaa, jos siinä on rekisteröity siihen tarkoitettu paikka. Muutoin mopolla saa kuljettaa alle 10-vuotiasta lasta.

Mönkijä:

Suomessa mönkijä voi olla tieliikenteessä mukana, jos se on rekisteröity kolmipyöräiseksi mopoksi, kolmipyöräksi, kevyeksi nelipyöräksi tai nelipyöräksi. (21)

Muutoin mönkijä on maastoajoneuvo. Se rinnastetaan silloin esimerkiksi moottorikelkkaan ja moottorirekeen. (21)

#### *Sähköauto*

pyörää ja johon mahtuu kuljettajan lisäksi enintään kahdeksan matkustajaa. Sen suurin nopeus saa olla yli 25 km/t. (21)

Sähköauto tarkoittaa Suomessa autoa, joka kulkee akulla vähintään 42 km matkan, euroopalaisen NEDC-testin mukaan mitattuna. Pelkästään akulla kulkevaa sähköautoa kutsutaan akkusähköautoksi tai täyssähköautoksi. (1),(9), (19), (29)

Hybridiauto tarkoittaa autoa, jossa on vähintään kaksi erilaista moottoria liikkumiseen. Hybridiautossa voi olla esimerkiksi sähkömoottorin lisäksi diesel- tai bensiinimoottori. Hybridiautot jaetaan vielä useaan alatyypin sen mukaan, kuinka pitkälle auto kulkee sähkövoimalla. (21)

Täyssähköauto:

Kuva 1 esittelee täyssähköauton tärkeimmät rakenneosat: Tärkein ja kallein osa on akku. Se on varusmäärältään tyypillisesti noin 20 kWh eli noin 20-kertainen perinteiseen 12 V käynnistysakkuun verrattuna. Akun kennojen jännitteet tasataan samansuuruisiksi, jolloin ne kaikki yhdessä syöttävät sähkömoottoria. Ilman tasausta osa kennoista ladattaessa yllilatautuisi ja



kuumenisi, ja akkua käytettäessä osa kenoista syväpurkautuisi ja vioittuisi. (1),(6),(9)

Sähkömoottori on jokseenkin aina vaihtovirtamoottori. Se kuluttaa tyypillisesti keskimäärin 0,2 kWh kilometriä kohti. Akku syöttää sähkömoottoria vaihtosuuntaajan kautta. (1),(6),(9)

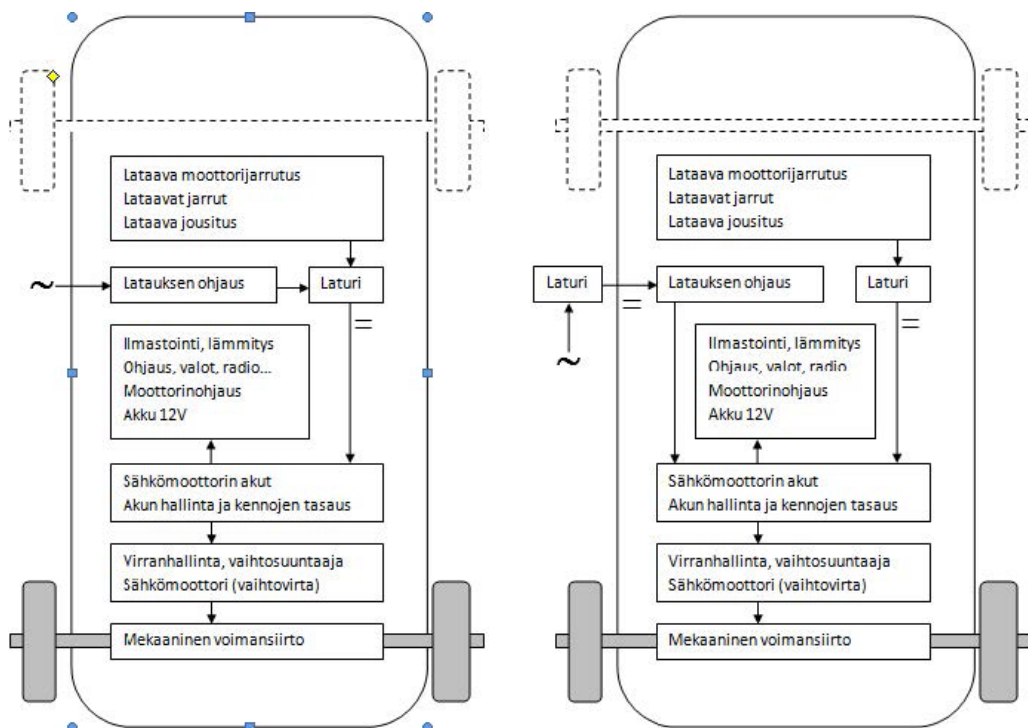
Laturi lataa akun sähköverkosta. Laturi on joko autossa tai sen ulkopuolella. Jos latausteho halutaan suureksi ja latausaika lyhyeksi, käytetään auton ulkopuolista laturia. Lataustapaa kutsutaan DC-pikalataukseksi. Siinä laturi on liian suuri ja kuumenee liikaa, että sen voisi sijoittaa autoon. (1),(6),(9)

Jos latausaikaa kasvatetaan enintään muutama tuntiin, voidaan laturi rakentaa autoon. Silloin auton voi ladata jopa tavallisesta pistorasiasta yön aikana tai kaupassa käydessä. Lataustapaa kutsutaan joko hitaaksi tai nopeaksi AC-lataukseksi. (1),(6),(9)

Sähköautossa voi olla myös samanaikaisesti liityntä DC-pikalatausta varten, sekä oma laturi hitaampaan AC-lataukseen. Silloin auton akun voi ladata nopeasti huoltoasemalla tai kaupassa käydessä, mutta myös kotona hitaasti yön aikana. (1),(6)

Latauksen ohjaus tarkoittaa esimerkiksi lataustavan valitsemista, latauksen ajastamista ja lopettamista, lataajan tunnistamista ja latauksen maksamista. (1),(6),(9)

Akun lisälataukseen ajon aikana on kehitetty useita menetelmiä: Moottorijarrutuslataus siirtää pyörien energiaa sähkömoottorin ja laturin kautta akkuun. Jarrutuslataus tarkoittaa sitä, että osa jarrutuksesta toteutuu moottorijarrutuksella. Auton jousituksen edestakainen liike voidaan myös valjastaa akun lataukseen. Yhdessä niiden vaikutus on niin suuri, että ne vaikuttavat akun ajomatkaan. (1),(6),(9)

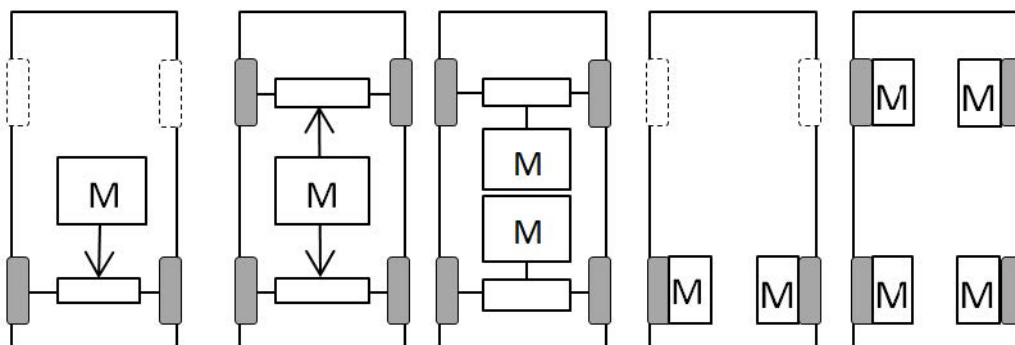


Kuva 1: Ladattava täyssähköauto, AC-lataus ja DC-lataus

Joissakin autoissa on myös aurinkopaneeli katossa. Se on yleensä auton ilmanvaihtoon tarkoitettu. Jatkossa aurinkokenno voi ladata myös auton akkua (1),(6),(9)

Auton hallintalaitteet, valot, radio, navigaattori, jne. toimivat yleensä 12 V:n jännitteellä. Niitä varten autossa on 12 V akku. Se ladataan yleensä ajoakusta, eli sille ei ole omaa laturia. (1),(6),(9)

Kuvan 1 esimerkeissä autossa on yksi sähkömoottori. Sen voima siirtyy pyörille mekaanisen voimansiirron kautta. Sähkömoottoreita voi olla enemmänkin: Kuvassa 2 vasemmalla yhdellä moottorilla toteutettu kaksiveto ja neliveto. Kolmannessa on kahdella sähkömoottorilla toteutettu neliveto. Kaksi oikeanpuoleisinta vaihtoehtoa kuvaa pyöriin rakennetuilla sähkömoottoreilla toteutettua kaksivetoa ja nelivetoa. Ne eivät tarvitse akselina rakennettua voimansiirtoa. (1),(6),(9)



Kuva 2: Täyssähköauto kaksivetona ja nelivetona (M = moottori).

Vaikka moottoreita on enemmän kuin yksi, niiden akku ja erilaiset latausmenetelmät ovat niille yhteisiä. Ja tietysti auton hallintalaitteet ovat yhteiset koko autolle.

Hybridisähköauto, sarjamuotoinen:

Kuvassa 3 on sarjamuotoinen hybridisähköauto. Se liikkuu sähkömoottorin voimalla, ja sähkömoottoria syöttää akku. Polttomoottorin pyörittämä generaattori lataa akun ajon aikana.

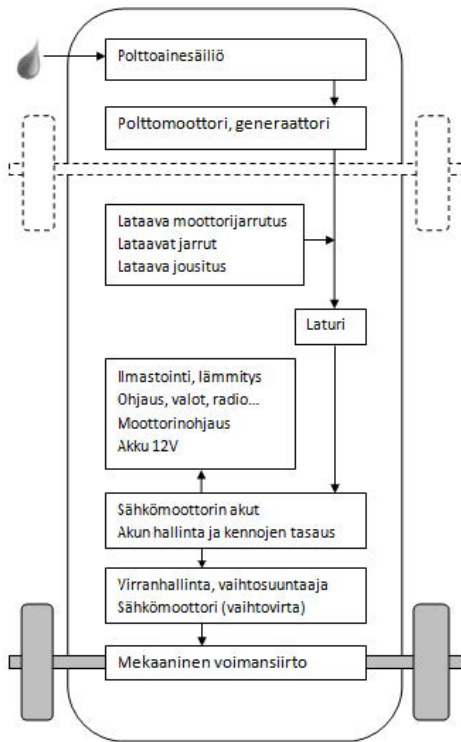
Polttomoottorin pyörittämä generaattori voi myös syöttää sähkömoottoria ajon aikana. Silloin sähkömoottori saa enemmän tehoa esimerkiksi ohituksen yhteydessä.

Polttomoottorin polttoaine voi olla esimerkiksi diesel, bensiini, etanoli, maakaasu, biokaasu tai vetykaasu. Tällä hetkellä bensiinimoottori näyttää olevan suosituin. Hyvinä kakkosena on diesel-moottori. Muut vaihtoehdot ovat vielä kehitysvaiheessa. (1),(9),(19),(24),(26)

Akkua on varausmäärältään yleensä pienempi kuin täyssähköautossa. Akun kennojen jännitteet tasataan samansuuruisiksi. Silloin kaikki kennot yhdessä syöttävät sähkömoottoria. Ilman taustaosa kennoista ladattaessa ylilatautuisi ja kuumentuisi, ja akkua käytettäessä osa kennoista syväpurkautuisi ja vioittuisi. (1),(6),(9)

Auton hallintalaitteet, valot, radio, navigaattori, jne. toimivat yleensä 12 V:n jännitteellä. Niitä varten autossa on 12 V akku. Se ladataan yleensä ajoakusta, eli sille ei ole omaa laturia. (1),(6),(9)

Kuvan 2 esittämään tapaan sähkömoottoreita voi olla esimerkiksi yksi koko autossa, yksi molemmilla akselilla tai yksi sen kahdessa tai jokaisessa pyörässä.



Kuva 3: Hybridisähköauto, sarjamuotoinen

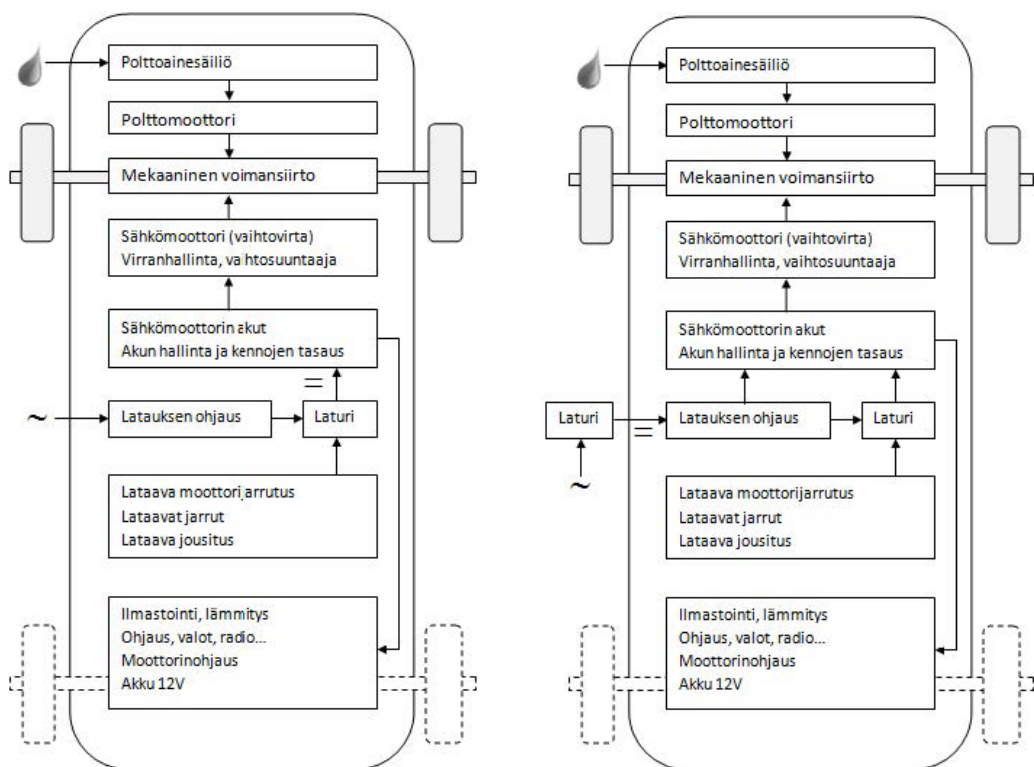
Suomessa hybridisähköauton tulee kulkea akun voimalla täyssähköautolle vaadittu 42 km. Silloin sen ajatellaan soveltuvan Suomessa tyypillisiin ajomatkoihin ja auton käyttötapoihin.

Alle 45 km ajomatkasta selviytyviä kutsutaan Suomessa nimellä hybridi-auto. Se ei ole sähköautona huonompi tai parempi, vaan siinä on vain eri tavalla optimoitu akun kapasiteetti ja elinikä, auton paino, ajomatka taajamassa akulla, sekä hankinta- ja käyttökustannukset.

Ladattava hybridisähköauto, rinnakkaismuotoinen:

Kuva 4 havainnollistaa ladattavaa rinnakkaismuotoista hybridisähköautoa. Sitä kuljettaa sähkömoottori tai polttomoottori, tai molemmat moottorit samanaikaisesti. (1),(9),(25)

Polttomoottorin polttoaine voi olla esimerkiksi diesel, bensiini, etanoli, maakaasu, biokaasu tai vetykaasu. Tällä hetkellä bensiinimoottori näyttää olevan suosituin. Hyvänä kakkosemana on dieselmoottori. Muut vaihtoehdot ovat ainakin Suomessa vielä kehitysvaiheessa (1),(9),(19),(24),(26)



Kuva 4: Ladattava rinnakkaismuotoinen hybridisähköauto, AC-lataus ja DC-lataus

Akun varausmäärä on yleensä pienempi kuin täyssähköautossa. Akun kennojen jännitteet tasetaan samansuuruisiksi. Silloin kaikki kennot yhdessä syöttävät sähkömoottoria. Ilman tasausta osa kennoista ladattaessa yllilatautuisi ja kuumenisi, ja akkua käytettäessä osa kennoista syväpurkautuisi ja vioittuisi. (1),(6),(9)

Sähkömoottori on jokseenkin aina vaihtovirtamoottori, jota akku syöttää vaihtosuuntaajan kautta Sähkömoottori kuluttaa tyypillisesti keskimäärin 0,2 kWh kilometriä kohti.. (1),(6),(9)

Polttomoottorin pyörittämä generaattori lataa akun ajon aikana. Akun voi ladata myös sähköverkosta laturilla. (1),(9),(25)

Laturi lataa akun sähköverkosta. Laturi on joko autossa tai sen ulkopuolella. Jos latausteho halutaan suureksi ja latausaika lyhyeksi, käytetään auton ulkopuolista laturia. Lataustapaa kutsutaan DC-pikalataukseksi. DC-laturi on suuritehoinen ja kuumenee liikaa, että sen voisi rakentaa autoon. (1),(6),(9)

Jos latausaikaa kasvatetaan enintään muutamaan tuntiin, voidaan laturi rakentaa autoon. Silloin auton voi ladata jopa tavallisesta pistorasiasta yön aikana tai kaupassa käydessä. Lataustapaa kutsutaan joko hitaaksi tai nopeaksi AC-lataukseksi. Autoa voi kutsua tässä tapauksessa pistokehybridiksi. (1),(6),(9)

Autossa voi olla myös samanaikaisesti liityntä DC-pikalatausta varten, sekä oma laturi hitaampaan AC-lataukseen. Silloin auton voi ladata huoltoasemalla tai kaupassa käydessään nopeasti,

mutta myös kotona hitaasti yön aikana. (1),(6)

Latauksen ohjaus tarkoittaa esimerkiksi latauksen ajastamista ja lopettamista, lataajan tunnistamista ja latauksen maksamista. (1),(6),(9)

Auton hallintalaitteet, valot, radio, navigaattori, jne. toimivat yleensä 12 V:n jännitteellä. Niitä varten autossa on 12 V akku. Se ladataan yleensä ajoakusta, eli sille ei ole omaa laturia. (1),(6),(9)

Kuvan 2 esittämään tapaan sähkömoottoreita voi olla esimerkiksi yksi koko autossa, yksi molemmilla akseleilla tai yksi sen kahdessa tai jokaisessa pyörässä.

Akun lisälataukseen ajon aikana on kehitetty useita menetelmiä: Moottorijarrutus siirtää pyörien energiaa sähkömoottorin ja laturin kautta akkuun. Jarrutuslataus tarkoittaa sitä, että osa jarrutuksesta toteutuu moottorijarrutuksella. Auton jousituksen edestakainen liike voidaan myös valjastaa akun lataukseen. (1),(6),(9)

Osa rinnakkaismuotoisista hybridautoista kulkee akun voimalla yli 42 km. Suomessa niitä kutsutaan rinnakkaismuotoisiksi hybridisähköautoiksi. Osalla pistokehybrideistä toimintamatka jää 20...25 km tasolle. Suomessa niitä voi kutsua rinnakkaismuotoisiksi hybridautoiksi. Niissä on hiukan eri tavalla optimoitu akun kapasiteetti ja elinikä, auton paino, ajomatka taajamassa akulla, sekä hankinta- ja käyttökustannukset.

Ladattava hybridisähköauto, sarjamuotoinen:

Kuva 5 seuraavalla sivulla esittelee sarjamuotoisen hybridisähköauton rakennetta. Sitä kuljettaa aina sähkömoottori. Se on jokseenkin aina vaihtovirtamoottori ja kuluttaa tyypillisesti keskimäärin 0,2 kWh kilometriä kohti. Akku syöttää sitä vaihtosuuntaajan kautta. Polttomoottorin pyörittämä generaattori lataa akun ajon aikana. (1),(6),(9)

Polttomoottorin polttoaine voi olla esimerkiksi diesel, bensiini, etanoli, maakaasu, biokaasu tai vetykaasu. Tällä hetkellä bensiinimoottori näyttää olevan suosituin. Hyvänä kakkosena on dieselmoottori. Muut vaihtoehdot ovat ainakin Suomessa vielä kehitysvaiheessa. (1),(9),(19),(24),(26)

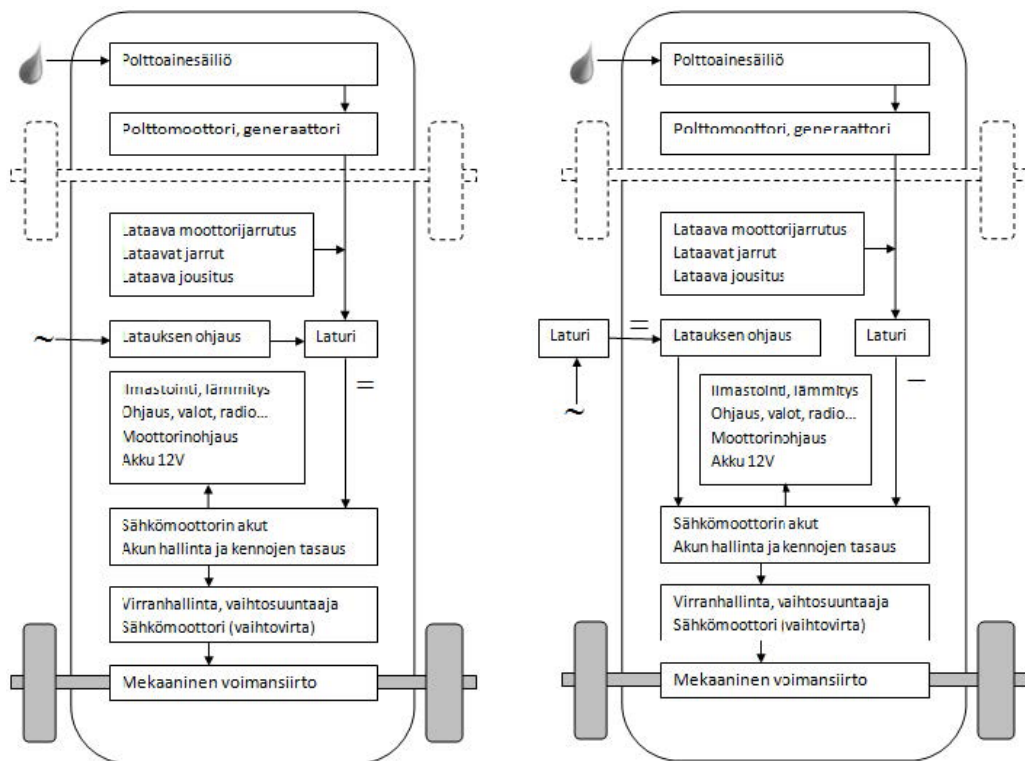
Akku on varausmäärältään eri valmistajilla erilainen. Se on yleensä pienempi kuin täyssähköautossa. Akun kennojen jännitteet pitää tasoittaa samansuuruisiksi. Silloin kaikki kennot yhdessä syöttävät sähkömoottoria. Ilman tasausta osa kennoista ladattaessa yllilatautuisi ja kuumenisi, ja akkua käytettäessä osa kennoista syväpurkautuisi ja vioittuisi. (1),(6),(9)

Akun voi ladata myös laturilla sähköverkosta. Laturi on joko autossa tai sen ulkopuolella. Jos latausteho halutaan suureksi ja latausaika lyhyeksi, käytetään auton ulkopuolista laturia. Lataustapaa kutsutaan DC-pikalataukseksi. DC-laturi on suuritehoinen ja kuumenee liikaa, että sen voisi rakentaa autoon. (1),(6),(9)

Jos latausaikaa kasvatetaan enintään muutamaan tuntiin, voidaan laturi rakentaa autoon. Silloin auton voi ladata jopa tavallisesta pistorasiasta yön aikana tai kaupassa käydessä. Lataustapaa kutsutaan joko hitaaksi tai nopeaksi AC-lataukseksi. Autoa voi kutsua tässä tapauksessa pistokehybridiksi. (1),(6),(9)

Auton hallintalaitteet, valot, radio, navigaattori, jne. toimivat yleensä 12 V:n jännitteellä. Niitä varten autossa on 12 V akku. Se ladataan yleensä ajoakusta, eli sille ei ole omaa laturia. (1),(6),(9)

Latauksen ohjaus tarkoittaa esimerkiksi latauksen ajastamista ja lopettamista, lataajan tunnistamista ja latauksen maksamista. (1),(6),(9)



Kuva 5: Ladattava sarjamuotoinen hybridisähköauto, AC-lataus ja DC-lataus

Akun lataukseen ajon aikana on kehitetty useita lisämenetelmiä: Moottorijarrutus siirtää pyörien energiaa sähkömoottorin ja laturin kautta akkuun. Jarrutuslataus tarkoittaa sitä, että osa jarrutuksesta toteutuu moottorijarrutuksella. Auton jousituksen edestakainen liike voidaan myös valjastaa akun lataukseen. (1),(6),(9)

Autossa voi olla samanaikaisesti liityntä ulkoiseen laturiin DC-pikalatausta varten, sekä oma laturi hitaampaa AC-latausta verkosta. Latauskaapelin päässä oleva latauspistoke standardisoidaan AC/DClataukselle samaksi. Auto tunnistaa automaattisesti, onko kyse AC- ja DC-lataustavasta.

Kuvan 2 esittämään tapaan sähkömoottoreita voi olla esimerkiksi yksi koko autossa, yksi molemmilla aksleilla tai yksi sen kahdessa tai jokaisessa pyörässä. Osa sarjamuotoisista hybridi-autoista kulkee akun voimalla yli 42 km. Suomessa niitä voi kutsua sarjamuotoisiksi hybridisähköautoiksi. (1),(6),(9)

Osalla toimintamatka jää 20...25 km tasolle. Niissä on optimoitu hiukan eri tavalla akun kapasiteetti ja elinikä, auton paino, ajomatka taajamassa akulla, sekä hankinta- ja käyttökustannukset. Toimintamatkat taajamassa on oletettu lyhyemmiksi ja niiden välillä on oletettu tehävän enemmän moottoritieajoja. Suomessa niitä voi kutsua sarjamuotoisiksi hybridi-autoiksi. (1),(6),(9)

## Sähköautoilun teknillinen kehityspolku

Polttomootoriautoa kuljettaa yleensä bensiini- tai diesel-moottori. Kehitteillä on myös maa-kaasua ja vetykaasua käyttäviä polttomoottoreita. Hybridiauto käyttää yleensä jotain edellisen kaltaista polttomoottoria, sekä sähkömoottoria sen tukena. Hybridisähköauto käyttää sähkömoottoria ja sen tukena jotain edellisen kaltaista polttomoottoria. Täyssähköauto käyttää vain sähkömoottoria.

Sähkömoottorin vaihtoehdoksi on esitetty myös paineilmalla toimivaa moottoria. Sitä emme kuitenkaan käsittele tässä yhteydessä.

Kokosimme taulukkoon 1 erilaisia versioita auton kehityksestä. Sen tavoitteena on pienentää auton päästöjä ja kustannuksia. Keinona siihen on siirtyä hybridiautojen kautta täyssähköautoihin noin 20 vuodessa. Taulukossa kehitys kulkee siis vasemmalta oikealle.(1),(9)

	Mikrohybridi	Täyshybridi	Rinnakkaishybridi	Sarjahybridi	Pistokehybridi	Täyssähköauto
<b>Kuvaus</b>	Pieni sähkömoottori tehostaa polttomoottorin toimintaa.	Autoa kuljettaa polttomoottori, jota avustaa pieni sähkömoottori.	Autoa kuljettaa yksi tai useampi sähkömoottori. Polttomoottorin käyttämä generaattori lataa akun.	Autoa kuljettaa polttomoottori, sekä yksi tai useampi sähkömoottori yhdessä tai erikseen.	Auto on sarja- tai rinnakkaishybridi. Akun voi ladata myös sähköverkosta tai latauspalvelusta.	Autoa kuljettaa yksi tai useampi sähkömoottori. Akun voi ladata sähköverkosta tai latauspalvelusta.
<b>Etuja</b>	Lisää tehoa.	Lisää tehoa. Akulla ajettaessa päästötön.	Tehokas. Akulla ajettaessa päästötön.	Tehokas. Akulla ajettaessa päästötön.	Tehokas. Akulla ajettaessa päästötön. Lataus myös verkosta.	Päästötön, hiljainen ja nopea auto taajamassa ajettaessa.
<b>Rajoitteita</b>	Akulla ajo ei ole mahdollista.	Nostaa hiukan auton hintaa. Akulla toimintamatka pieni.	Nostaa auton hintaa. Mutkikas teknillisesti. Pienitehoinen akku.	Nostaa auton hintaa. Mutkikas teknillisesti. Pienitehoinen akku.	Hinnaltaan kallein. Mutkikas teknillisesti. Kotilataus verkosta pitää asentaa	Akku on kallis ja painava. Vaatii latauspalvelun. Kotilataus verkosta pitää asentaa
<b>Ajo akulla</b>	0 km	20...25 km	50...100 km	50...100 km	50...100 km	50...200 km
<b>Ajo polttoaineella</b>	<1000 km	<1000 km	<1000 km	<1000 km	<1000 km	0 km
<b>Sovelluskohteet</b>	Kaupunki-auto, perheauto	Perheauto bensiini tai dieselmoottorilla	Perheauto bensiini tai dieselmoottorilla	Perheauto bensiini tai dieselmoottorilla	Perheauto bensiini tai dieselmoottorilla	Kaupunki-auto, Kauppakassi, Jakeluauto
<b>Valmistajia</b>	Honda, MB, BMW	Toyota,	Fisker, Karma, Opel	Honda	Toyota, Ford, Lexus	Nissan, Mitsubishi, Peugeot, Citroën

Taulukko 1: Sähköautojen teknologioiden vertailua.



## 2. Sähköajoneuvot, liiketoiminta ja asiakkaat

### 2.1. Liikennemäärät Oulussa ja Pohjois-Pohjanmaalla

Oulun seudun alueella tehdyn liikennetutkimuksen mukaan alueen asukkaat tekivät syksyllä 2009 noin 583 000 matkaa arkipäivässä. Taulukosta 2 näkee, kuinka niistä valtaosa 83 % oli kuntien välisiä. Kuntien sisäisiä matkoja oli noin 15 %. Matkoista 2/3 kohdistui kotiin tai työhön. Kolmannes jakautui ostosmatkojen, asioinnin ja vapaa-ajan kohteiden kesken. Ostosmatkoista 2/3 suuntautui suuriin ostoskeskuksiin. Yksi asukas teki keskimäärin kolme matkaa päivässä. (7)

Vuosien 1989 ja 2009 liikennemäärien pohjalta arvioimme Oulun seudun alueella tehtävän vuonna 2020 yhteensä noin 656 000 matkaa arkipäivässä. Matkojen lukumäärän kasvamisen lisäksi liikenne muuttuu enemmän henkilöautoilla tehtäväksi, ja enemmän kuntien väliseksi. (7)

kunta	seudun kuntien sisäiset matkat		seudun kuntien väliset matkat (matkan lähtökunta)		seudun asukkaiden seudun ulkopuolelle tekemät matkat		yhteensä matkoja/ arkivrk
	matkoja/ arkivrk	osuus matkoista	matkoja/ arkivrk	osuus matkoista	matkoja/ arkivrk	osuus matkoista	
Hailuoto	1 300	0,2 %	600	0,1 %	10	0,0 %	1 910
Haukipudas	29 700	5,1 %	9 000	1,5 %	1 540	0,3 %	40 240
Kempele	22 000	3,8 %	13 900	2,4 %	1 480	0,3 %	37 380
Kiiminki	16 500	2,8 %	7 300	1,3 %	890	0,2 %	24 690
Liminka	13 200	2,3 %	5 500	0,9 %	590	0,1 %	19 290
Lumijoki	2 200	0,4 %	700	0,1 %	160	0,0 %	3 060
Muhos	15 300	2,6 %	3 200	0,5 %	560	0,1 %	19 060
Oulu	361 500	62,0 %	36 500	6,3 %	7 660	1,3 %	405 660
Oulunsalo	13 000	2,2 %	7 500	1,3 %	450	0,1 %	20 950
Tyrnävä	7 800	1,3 %	3 200	0,5 %	170	0,0 %	11 170
<b>yhhteensä</b>	<b>482 500</b>	<b>82,7 %</b>	<b>87 400</b>	<b>15,0 %</b>	<b>13 510</b>	<b>2,3 %</b>	<b>583 410</b>

Taulukko 2: Oulun seudun alueella tehdyt matkat syksyn 2009 arkipäivänä (7)

Kuva 6 seuraavalla sivulla havainnollistaa, kuinka syksyn 2009 liikennemittauksen syksyisen arkipäivän matkat keskimäärin jakautuivat eri liikennevälineille. Kuntien väliset matkat tehdään lähes kokonaan eli 92 % henkilöautoilla. Linja-auto ylittää vaivoin polkupyörän suosion kuntien välisessä liikkumisessa.(7)

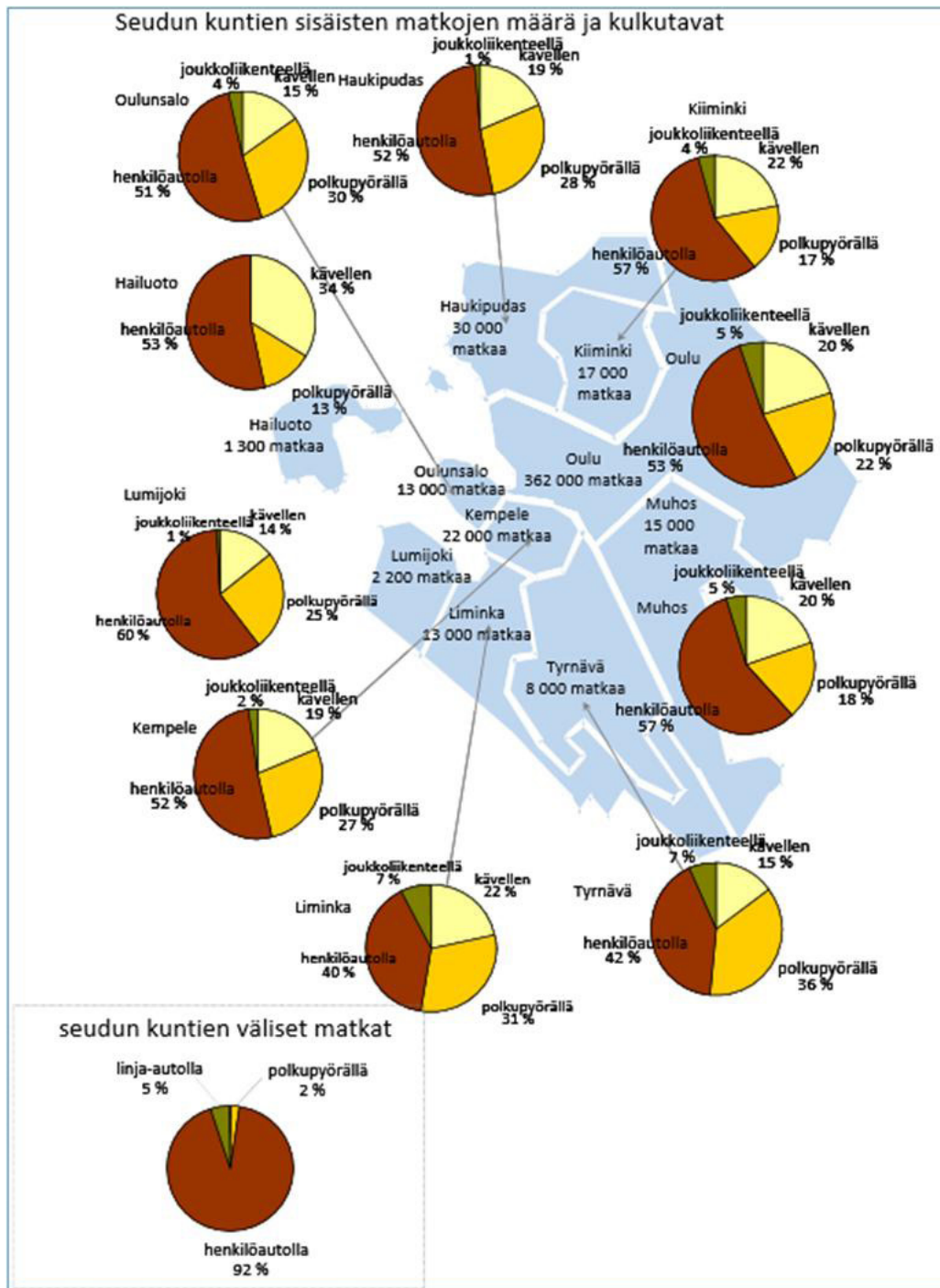
Kuntien sisäisistä matkoistakin yli puolet tehdään henkilöautolla. Polkupyörällä on kuitenkin huomattava osuus eli 13...36 % matkoista. Määrää pidettiin suurena muihin suuriin kaupunki-alueisiin verrattuna.(7)

Tulevaisuudessa henkilöautojen osuus matkoista kasvaa. Autottomien talouksien ja julkisen liikenteen osuus pienenee. Henkilöautolla tehtävien matkojen osuuden arvioimme kasvavan vuoteen 2020 mennessä noin 64 %:iin. (7)

Henkilöauton keskimääräinen toimintamatka vuonna 2009 oli noin 14,5 km. Noin 95 % automatkoista on enintään 100 km pituisia. (7) Oulun seudun alueella, koko Suomen alueella ja USA:ssa tehtyjen mittausten pohjalta arvioimme, että automatkojen keskipituus kasvaa vähitellen noin 15 km:iin vuoteen 2020 mennessä. Synnä on kaupungistuminen ja asumisen keskittyminen kaupunkien lähiöihin. (1),(9)



Kuntien sisäistä matkoista polkupyörällä tehtävien matkojen osuuden arvioimme pienenevän 19 %:sta noin 15 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Se tarkoittaa 102400 matkaa arkipäivässä. Polkupyöräilijän keskimääräisen toimintamatkan oletamme säilyvän samana eli noin 3 km. (7),(8)



Kuva 6: Oulun seudun alueen liikenneprofiilit 2009 (7)

### *Sähköautojen yleistyminen*

Suomessa ennustetaan olevan vuonna 2020 noin 35.000 sähköautoa eli 1,5 % kaikista autoista. Sähköautoista 2/3 arvellaan olevan hybridisähköautoja ja kolmannes täyssähköautoja. (6),(12),(14)

Suoraan väestömäärän pohjalta arvioimme Pohjois-Pohjanmaan osuudeksi siitä noin 3000 ja Oulun seudun osuus siitä puolet eli 1500 sähköautoa. Pohjois-Pohjanmaalla olisi siis vuonna 2020 noin tuhat täyssähköautoa ja 2000 hybridisähköautoa.

Edelleen arvioimme, että sähköautolla tehtäisiin Oulun seudun alueella noin keskimäärin 420000 matkaa arkipäivässä. Edelleen, jos ne tehdään akulla ajaen, latauksia tehtäisiin keskimäärin 182000 arkipäivässä. Osa niistä on hybridiauton sisäisiä latauksia. Mutta kuten myöhemmin osoitamme, hybridiauton edullisuus nykyisellä hintatasolla tulee akun lataamisesta sähköverkosta.

Muulla Pohjois-Pohjanmaalla numerot olisivat kaksinkertaiset. Eli noin 840000 ajomatkaa arkipäivässä ja noin 364000 latausta arkipäivässä.

Sähköauton käyttäjien oletamme olevan taajamissa lyhyttä, alle 20 km, työmatkaa tekevät. He voisivat ajaa enimmäkseen verkosta ladattavalla akulla ja siksi säästää paljonkin työmatkojen kustannuksissaan.

Akkua ei varmaankaan aina käytetä tyhjäksi ennen latausta, eikä sitä aina ladata täyteen. Akkua ei myöskään välttämättä ladata jokaisen toimintamatkan jälkeen, mutta joku voi tehdä niinkin. Siksi latausmäärien arviointi edes keskimääräisenä on vain suuruusluokkaa kuvaava esimerkki.

Akkujen varausmäärä kasvaa kuluvan vuosikymmenen aikana ja pidentää auton toimintamatkaa. Se vähentää hiukan latausten lukumäärää, mutta kasvattaa vastaavasti kerralla ladattavan varauksen määrää.

### *Sähköpolkupyörien yleistyminen*

Oulu on muihin Suomen suuriin kaupunkeihin verrattuna pyöräilykaupunki. Polkupyörällä kulkeminen on Oulun seudulla kaksinkertainen Helsingin seutuun verrattuna, viisinkertainen Tampereen seutuun verrattuna ja neljänneksen suurempi Jyväskylän seutuun verrattuna. Polkupyörien lukumääriä Suomessa, Pohjois-Pohjanmaalla tai Oulussa emme löytäneet. (7)

Oulun seudun alueella arvioimme tehtävän vuonna 2020 polkupyörällä noin 99000 ajomatkaa arkipäivässä. Jos sähköpyörien suhteellinen osuus on sama kuin sähköautoissa, sähköpolkupyörillä tehtäisiin noin 1500 ajomatkaa arkipäivässä.

Arvioimme Oulun seudun alueella olevan noin tuhat sähköpolkupyörää vuonna 2020. Vastavasti muulla Pohjois-Pohjanmaalla olisi yhteensä noin 2000 sähköpolkupyörää. Niiden hintataso on kuitenkin laskemassa lähemmäksi tavallisten pyörien hintaa, ja lukemat voivat olla paljon suurempiakin.

Sähköpyörän käyttäjät oletamme olevan taajamissa lyhyttä (noin 5 km) työmatkaa tekevät, eläkeläiset, turistit ja opiskelijat. Lakeuksilla pyöräilijä ehkä arvostaa sitä, että on kuin olisi aina alamäki ja myötätuuli.

## 2.2. Sähköajoneuvoihin liittyvä liiketoiminta

Oulu on muihin Suomen suuriin kaupunkeihin verrattuna pyöräilykaupunki: Polkupyörällä kulkeminen on Oulun seudulla kaksinkertainen Helsingin seutuun verrattuna, viisinkertainen Tampereen seutuun verrattuna ja neljänneksen suurempi Jyväskylän seutuun verrattuna. Toisaalta, Oulu on myös henkilöautoilun kaupunki: Oulun seudun alueella henkilöauton matkustamisessa osuus on suuri ja julkisen liikenteen osuus pieni. Jatkossa henkilöauton osuus kasvaa ja julkisen liikenteen osuus edelleen pienenee. (6)

Oulun seutu ja koko Pohjois-Pohjanmaa voisivat profloitua sähköpyöräilyn ja sähköautoilun edellä kävijöiksi. Sähköpyörä ja sähköauto voisivat olla siinä käytettäviä välineitä. Silloin keskimääräistä kehitystä kuvaavat numerot voisi kasvattaa hiukan suuremmiksi tavoitteiksi.

Katsottaessa sähköautojen ja sähköpolkupyörien lukumääriä vuonna 2020, tulisi huomata pari asiaa: Vuosi 2020 on jo reilun kuuden vuoden kuluttua. Seuraava vuosikymmen arvioidaan sähköajoneuvojen varsinaisen läpimurron vuosikymmeneksi. Vuonna 2030 Suomessa huomattava osa autoista on jo sähköautoja. (2),(3),(6),(13)

Oulussa on jo sähköpolkupyörän valmistusta. Sähköpolkupyörän kehittämisessä ja tuotteistamisessa on varmaankin vielä paljon tehtävää. Varsinaisen pyörän teknologian lisäksi voisi ajatella latauspalveluiden, paikantamispalveluiden ja vuokrauspalveluiden kehittämistä. Markkinoille on tullut lukuisia määriä suomalaisia ja ulkomaalaisia pyörävalmistajia tuotteineen. Ne vain parantavat sähköpolkupyörän yleistymistä ja kehittymistä.

Suomessa on myös pienimuotoista sähköautojen valmistusta Uusikaupungissa. Sähköautojen teknologiassa ja valmistuksessa on vielä paljon tehtävää, ja siihen Suomessa on osaamiseen liittyvä valmiutta. Markkinoille on tullut viime vuosina paljon ulkomaisia täyssähköautoja ja hybridiautoja. Niiden myyminen ja huoltaminen nykyisen myyntiverkoston ja huoltoverkoston kautta edellyttää aiheeseen liittyvää osaamista. Erilaisissa ammatillisissa oppilaitoksissa on asia jo alustavasti huomattu.

Täyssähköautoja varten tulisi rakentaa latauspalveluiden verkostoja. Niiden asentaminen ja sähköisen asioinnin kehittäminen on suuri tehtävä.

Valtaosa sähköautoista ladataan kotona. Niiden asentaminen uusiin ja vanhoihin rakennuksiin on myös suuri tehtävä. Sähköistä asiointia pitää kehittää niin, että latauksen voi suorittaa oikeana ajankohtana sekä ostaa verkosta että myydä verkkoon sähköä.

Pelastuspalveluissa pitää huomioida sähköauton akussa ja kaapeleissa piilevä suurjännite. Henkilökunnan erilaisissa pelastustilanteissa tulee osata suojata itsensä ja toisaalta pelastettava asiakas. Myös ajoneuvon käsittely pelastustilanteessa ja hinattaessa pitää tehdä oikein. Koulutuksessa sähköauton käsittely on jo alustavasti huomioitu.

Sähköautojen purkaminen ja materiaalien kierrätys pitää laajentaa kattamaan myös sähköautot ja niiden akut. Akkujen suurjännite pitää huomioida autojen ja akkujen kuljetuksessa purkamolle. Purkamot purkavat suurjännitteiset akut vaarattomiksi kennoiksi, murskaavat kennot ja erittelevät materiaalit kiertoon.

Osan akuista arvellaan olevan käytettynäkin vielä käyttökelpoisia jossakin uudessa sovelluskohteessa. Sähköautoille on esitetty sähköverkon vuorokautista kuormitusta tasaavaa tehtä-

vää. Jos tämä toimii yhdelle autolle, voisi käytetyistä akuista rakentaa esimerkiksi omakotitalon yhteydessä käytettäviä sähköenergian varaaajia. Tuulivoimalan ja aurinkovoimalan yhteydessä voisi olla pienimuotoisia varaaajia. Muutoin käytetyillä akuilla olisi vain romuarvo.

Jatkossa tämä raportti noudattelee edellä mainittua jäsentelyä. Kuitenkaan emme esitä mitään liiketoimintasuunnitelmia, vaan vain sähköauton ja sen akun ominaisuuksia. Liiketoimintasuunnitelmat jätämme sen alan asiantuntijoille. Niiden kehittämistä kuitenkin tuetaan valtion toimesta.

### **2.3. Sähköajoneuvon käytön kehitystä tuetaan**

Työ- ja elinkeinoministeriö tukee sähköautojen ja latausasemien kokeilua TEM-tuella 2013-2015 välisenä aikana yhteensä 10 M€. Asiasta on lähemmin osoitteessa [www.sahkoinenliikenne.fi/energiatuki](http://www.sahkoinenliikenne.fi/energiatuki)

Tukea voi hakea yritys, joka käyttää työ- ja/tai työsuhteautoa henkilö- ja/tai tavarankuljetukseen. Tukea vastaan se tulisi liittää johonkin ajoneuvo- ja sähköverkkoteknologiaan liittyvään tutkimustyöhön. Sähköautojen osalta tuki on 30 % leasing-maksun pääomaosuudesta.

Tuen piiriin ei hyväksytä hallinto-, rahoitus-, vakuutus-, korjaus- tai huoltokustannuksia. Ajoneuvokohtainen tuki voi olla korkeintaan 500 € kuukaudessa.

Tukea voi hakea myös latausasemalle. Yrityksen tulee ostaa latausasema ja operoida sitä vähintään vuoden 2015 loppuun. Tuki on 35 % ja kustannuksiin luetaan mukaan laitteiden hankinnasta ja asennuksesta sekä niiden muutos- ja korjaustöistä aiheutuvat kustannukset. Myös käyttökoulutus hyväksytään tuettaviksi kustannuksiksi. Latausasemia käytetään sähköautojen ja ladattavien hybridisähköautojen lataukseen sekä Tekesin EVE-ohjelmassa erikseen määritellyn mittaus- ja tutkimustiedon keräämiseen.

## **3. Oulusta sähköpolkupyöräilyn kaupunki**

### **3.1. Suomessa myytävät sähköpyörät**

Kuvan 7 Sanifer sähköpolkupyörä on oululaisen AMC Motors Oy valmistama. Sanifer-sähköpolkupyörä on kolme mallia: Silverpilen, Goldpilen ja Bendpilen. Se sisältää periaatteessa kolme erilaista pyörää: polkupyörän, vaihdepyörän ja sähköpyörän. Ajaja valitsee haluamansa toimintatavan käyttöliitynnällään. (45)

Litium-ioni-akun teho on 360 W ja antaa toimintamatkaksi 70...80 km. Latauskertoja on noin 700. Akun voi irrottaa ja tuoda sisälle ladattavaksi. Laturin voi kytkeä kotitaloudessa yleisesti käytettyyn maadoitettuun pistorasiaan. (45)

Ajokustannukset ovat noin 20 senttiä/100 km, riippuen ajotavasta, kuljettajan painosta ja maastosta. Kuljettajan ja tavaroiden suurin paino on 100 kg. (45)

Edessä on levyjarru ja takana jalkajarru. Etupyörän keskiössä on sähkömoottori ja sen sisäänrakennettu vaihteisto.. (45)



Kuva 7: Sähköpolkupyörä Sanifer

Sanifer sähköavusteisen polkupyörän hinta oli kirjoitushetkellä noin 950 €. Sanifer sähköpolkupyörä kuuluu TEM-tuen piiriin.(45),(20) Muitakin sähköpolkupyöriä markkinoilla on, kuten esimerkiksi:

- BH-Emotion Neo Carbon, Sport, Volt, City, Jumper, Nitri, Max700 ja 29ER
- Boostbike Traveller, Endurance, Traveller Sport ja City
- Helkama Urbane
- Kalkhoff Impulse, Pro Connectum
- Agattu Premium, Groove ja Endeavour
- Pyrkijä, E 200, E 220, E 240, E 250, E 300, E 320 ja E 350
- Tunturi Forte, Forte Premium ja Forte Supreme
- Winora (12),( 13)

### 3.2. Sähköpolkupyörän huolto

Sanifer sähköavusteisen polkupyörän huolto ei paljoa poikkea tavallisesta polkupyörästä: Sähkömoottoria ei valmistajan mukaan tarvitse huoltaa. Akun voi joutua vaihtamaan noin pyörästä ja pyöräilijästä riippuen 100...1000 latauskerran eli noin 1...5 vuoden jälkeen. Muuten se tarvitsee normaalin pyörän huollon ruuvien kiristämisen, renkaiden, valojen, jarrujen, ketjujen ja vaijerien osalta. (45)

### 3.3. Sähköpolkupyörä kaupungin keskustassa

Sähköavusteinen polkupyörä sopii etenkin mäkisille teille, eikä vastatuulikaan hidasta matkaa. Yleensä sähköpolkupyörää käytetään esimerkiksi työmatkan tekemiseen taajamissa. Se soveltuu hyvin myös lähetin kaltaiseen työhön kaupunkien keskustoissa. Sähköpolkupyörästä pitävät monet vanhukset, joiden poljinvoima on vähentynyt, mutta ajotaito on vielä tallella.

Joissakin kaupungeissa pyörä on saavuttanut niin suuren suosion, että se on vaikuttanut kaupungin imagoon. Sen takana on yleensä kaupungin liikenneväylien rakentaminen myös polkupyörille sopivaksi.

#### *Työmatkapyöräily*

Oulun seudun alueella tehdään vuonna 2020 noin 1500 matkaa päivässä polkupyörällä. Niistä

2/3 voisi olettaa työmatkoiksi, eli 1000 työmatkaa päivässä.

Sähköpolkupyörän akun voi yleensä irrottaa ja viedä sisälle säilytettäväksi tai ladattavaksi. Laturin voi kytkeä tavalliseen maadoitettuun pistorasiaan.

### *Turistien vuokrapyörät*

Helsingin Sanomat uutisoi 4.3.2013, että Pariisissa on kuvan 8 kaltaisia sähköpolkupyörän latausasemia, joista voi vuokrata sähköpolkupyörän. Pyörät ovat latauksen aikana lukittu latausasemaan kiinni.

Uutisen mukaan Helsinki aikoo tarjota jo kesällä 2014 yli tuhannen pyörän ja 150 latausaseman ilmaista palvelua.

Asiakkaan pitää liittyä palvelun käyttäjäksi. Sen jälkeen hän voi vuokrata pyörän luottokortilla. Latausasemassa on sitä varten kortinlukija. Sen jälkeen asiakas voi irrottaa pyörän telineestä ja lähteä ajelemaan.

Pyörän voi palauttaa samaan tai toiseen latausasemaan. Luottokortin laskutuksen voi samalla lopettaa.

Vuokrauspalvelulla on keskitetty valvonta, joka pystyy olemaan yhteydessä jokaiseen pyörään, latausasemaan ja asiakkaaseen.

Toinen malli olisi toteuttaa sähköpyörien vuokrauspalvelu autojen ja suksien vuokrauksen tapaisesti: Hotellit tai niiden läheisyydessä olevat yritykset voisivat vuokrata pyöriä. Ne voisivat säilyttää pyörät suojatuissa tiloissa ja ladata ne valmiiksi asiakkaalle.



*Kuva 8: Kaupunkipyörien latausasema Pariisissa.*

## 4. Oulusta sähköautoilun kaupunki

### 4.1. Miltä sähköauto tuntuu perinteiseen autoon verrattuna

Aloitimme sähköautoon tutustumisen koeajamalla itse Nissan Leaf ja Opel Ampera –sähköautoja ja vertaamalla niitä perinteiseen Volvo V70 Diesel –autoon. Olimme kiinnostuneita lähinnä ajamiseen ja mukavuuteen liittyvistä näkökulmista. Vertasimme vaikutelmiamme myös parissa lähteessä olleeseen vastaavaan kokemuksen keruuseen, varmistaaksemme havaintojemme yleisyyden.

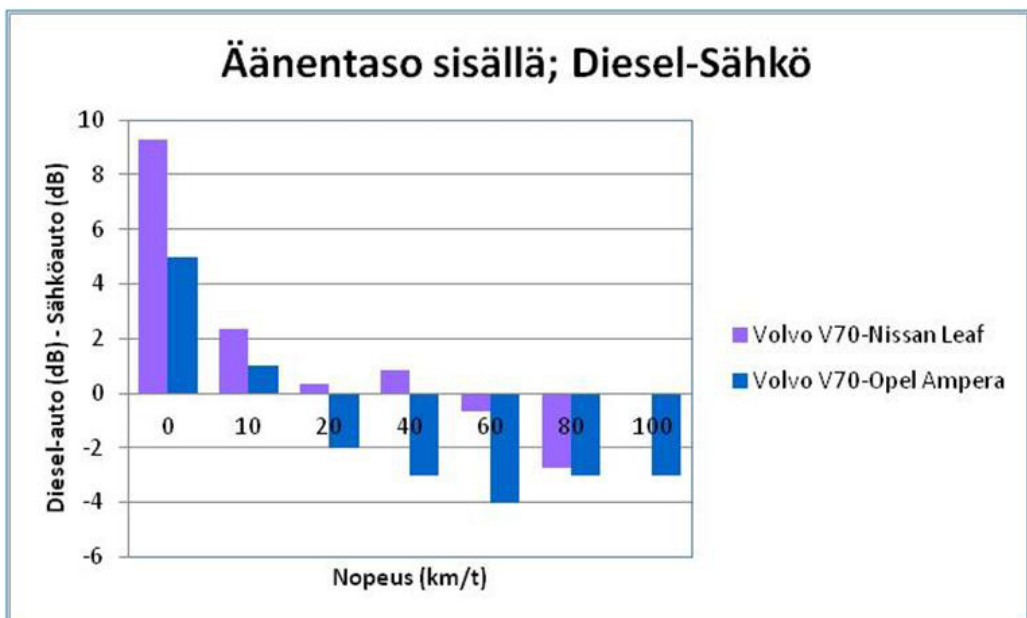
Sähköauto on hiljainen ja vastaa mukavuuksiltaan tavallista autoa:

Ensimmäinen vaikutelma Nissan Leaf -sähköautoon istuttaessa on, että se on täysin nykyaikainen sisätiloiltaan ja hallintalaitteiltaan. Siinä on ilmastointi, vakionopeuden säätö, automaattivaihteisto, sähköisesti säädettävä kuljettajan istuin, radio, peruutusnäyttö jne.

Seuraava vaikutelma sähköautosta oli sen äänettömyys. Sähköauton käynnistämisen jälkeen kuuluu vain tuulettimen ääni. Eron diesel-auton tyhjäkäyntiin huomasi selvästi.

Siksi mittasimmekin Nissan Leaf täyssähköauton ja Volvo V70 dieselauton sisältä äänen voimakkuutta eri nopeuksilla. Ajoimme autot lämpimiksi ennen mittausta. Sisälämpötila oli sama molemmissa autoissa, ja puhallin toimi normaalisti. Mittaus tehtiin samalla tiellä samoissa sääolosuhteissa. Tie oli normaali maantie, osin jäinen ja osin kulunut jäättömäksi. Tiessä ei ollut auran tai tiekarhun jälkiä. Molemmissa autoissa oli nastarenkaat. Autot olivat automaattivaihteisia. Radio ei ollut päällä, ja matkustajat olivat mittaustilanteessa hiljaa.

Kuvassa 9 mittauksen dB-arvot on vähennetty toisistaan. Kuvaaja ilmaisee silloin, kuinka paljon suurempi ääni Volvossa oli Nissaniin verrattuna. Jos ajatellaan äänen tehoa - ihminen havaitsee 1 dB muutoksen ja kokee 3 dB:n muutoksen voimakkuuden kaksinkertaistumisena. Eli +3 dB tarkoittaa kaksinkertaista ja -3 dB tarkoittaa puolikasta eli kaksi kertaa pienempää.



Kuva 9: Sähköauton ja diesel-auton sisämelun vertailu.



Toistimme mittauksen Opel Ampera rinnakkaishybridin ja saman Volvo V70 dieselauton vastaavalla tavalla. Myös sen mittaustulokset ovat nähtävissä kuvassa 9.

Mittaus vahvisti havaintomme: Sähköauton ääni on käynnistettäessä niin olematon, että diesel-auton tyhjäkäynti on siihen verrattuna hyvin suuri.

Pihanopeuksilla sähköauton äänitaso oli mittausten mukaan noin puolet perinteisen auton äänitasosta. Sähköauton ohjaamoon kuului lähinnä talvirenkaiden nastojen rapinaa.

Kaupunkinopeuksilla täyssähköauton ja dieselauton äänitasot olivat mittauksen mukaan suunnilleen yhtä suuret. Vaikutelma oli sama omin korvin kuultuna, eli emme huomanneet eroa äänen voimakkuudessa. Sen sijaan Opel Amperan äänitaso alkoi tuntua näillä nopeuksilla jo hiukan suuremmalta.

Molemmissa testaamissamme sähköautossa on ehkä vähäisempi rengasmelun eristys kuin Volvossa, ne kuuluvat eri luokkiin autoina. Myös autojen äänimaisema on hiukan erilainen: Volvossa kaasupolkimen painallus tuo kuunneltavaksi dieselin äänen. Nissan Leafissä kaasupolkimen painallus tuo kuunneltavaksi sääsken ininän. Opel Amperan polttomoottori syöttää sähkömoottoria ajon aikana. Sen ääni kuulosti reagoivan kaasupolkimeen perinteisen auton tavalla. Kun kaasupoljinta hiukan nostaa ja vakiinnuttaa nopeuden, äänimaisemat palautuvat ennalleen.

Jalankulkijoille sähköautoista ei mittaustemme pohjalta näyttäisi olevan erityistä vaaraa: Katunopeudella tyhjäkäynnillä valoihin liukuva perinteinen auto voi olla yhtä hiljainen kuin sähköauto. Pihalla ja pysäköintipaikalla tavallinen jalankulkija ehtii kyllä väistämään.

Sähköautolle on kuitenkin esitetty EU:ssa vaadittavan varoitusääntä hiljaisilla nopeuksilla, jota esimerkiksi sokea jalankulkija tai polkupyöräilijä voisi havaita sen. Samalla tulisi pienentää perinteisen auton melua. Tarkoitus on vähentää liikenteen melun haittoja terveydelle. Aika näyttää kuinka käy.

Sähköauto lähtee liikkeelle äänettömästi ja ripeästi:

Seuraava yllätys oli, kuinka sähköauto lähtee heti rivakasti ja äänettömästi liikkeelle. Perinteinen polttomoottori antaa autolle tehonsa vasta suurilla kierroksilla. Se tuntuu hitaampana kiihtyvyytenä liikkeelle lähdetessä ja moottorin suurempana äänenä kiihdytettäessä. (1),(9)

Kaupunkinopeuksilla sähköautossa aistii voiman tunteen. Molemmat sähköautot vastasivat välittömästi kaasupolkimen painallukseen ja auto liikkui reippaasti liikennevaloista toisiin. Moottorin äänen puuttuessa nopeuden kasvun aistii vain nopeusmittarista. (1),(9) (1),(9)

Maantienopeuksilla täyssähköauton vääntö pienenee. Ohitus vaatii nopeuden nostamista peesissä jo ennen varsinaista ohitusta. Bensiinihybridi kiihdyttää tarvittaessa molemmilla sähkömoottoreillaan. Sen kyky ohittaa maantienopeuksilla vaikutti perinteisen auton kaltaiselta. Molemmilla sähköautoilla voi kyllä huippunopeuden puolesta ajella maatiellä ja moottoritiellä. (1),(9)

Sähköauto lämpenee nopeasti Pohjois-Pohjanmaan pakkasissa:

Sähköauton lämmityslaitte on yllättävän nopea ja tehokas. Sähköauton lämmityslaitteen ei tarvitse odottaa moottorin lämpiämistä. Lämmityslaitteessa on yleensä pieni nestemäärä, jota lämmitetään akulla. Joissakin autoissa on polttoaineella toimiva lämmitin. Renault käyttää

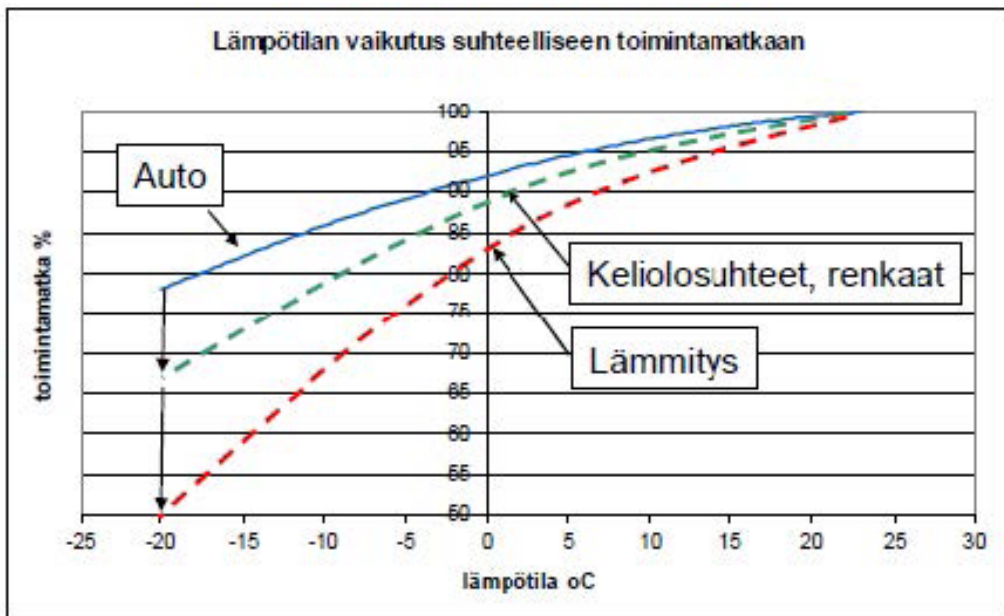


ilmalämpöpumppua, ja ilmoittaa ilmastoinnin sähkönkulutuksen pienentyneen keskimäärin noin puoleen.

Kokeilemamme Nissan Leaf ja Opel Ampera osoittautuivat täysin lämpimiksi talviautoiksi kovillakin pakkasilla. Sähkölämmitys vie tietysti osansa akun varauksesta. Pakkanen vaikuttaa myös akun latautumis aikaan ja varaustasoon pienentävästi.

Seuraavalla sivulla kuvassa 10 on arvio ulkolämpötilan vaikutuksesta sähköauton toimintamatkaan pitää kokemustemme mukaan suunnilleen paikkansa. Sininen viiva kuvaa sähköauton toimintamatkan pienentymistä pakkasen noustessa. Vihreä katkoviiva kuvaa talvirenkaiden ja talvikelin lisävaikutusta toimintamatkan pienentymiseen. Punainen katkoviiva kuvaa sähköisen lämmityslaitteen käytön lisävaikutusta toimintamatkan pienentymiseen. (6)

Kova pakkanen voi siis pienentää akun varaustasoa ja hidastaa latausta, mikä lyhentää auton toimintamatkaa. Opel Amperan akun lämpöeristys oli kuitenkin ennako-odotuksistamme huolimatta hyvä. Akun lämpötila ei muuttunut kovankaan pakkasyön aikana, ja lataus kulutti sähköä normaalisti.



Kuva 10: Arvio ulkolämpötilan vaikutuksesta sähköauton toimintamatkaan. (6)

Akun varaustasoa pitää jatkuvasti kytätä:

Sähköauto näyttää akussa jäljellä olevan varauksen ja toimintamatkan. Täyssähköauton toimintamatka on lyhyt, ainakin verrattuna perinteisen auton toimintamatkaan tankillisella. Täyssähköautolla ei ole vara-akkuja. Siksi täyssähköautolla ajaessa pitää seurata jäljellä olevaa toimintamatkaa, ettei jää tielle. Hybridisähköauto ei jää tielle. Mutta myöhemmin ilmenee, että edullisuus tulee lataamalla akku verkosta.

Auton näyttämä toimintamatka ei kuitenkaan tarkoita, että sen matkan voi huoletta ajaa, ja alkaa sitten katsella latausasemaa. Monesta syystä on hyvä jättää toimintamatkaa noin 20 km käyttämättä:

Matka latausasemalle voi joskus olla yllättäen ajateltua pidempi. Tietyön vuoksi tai liittymän ohi ajamisen vuoksi voi joutua ajamaan kiertotietä. Matkalle voi myös osua pitkä ylämäki, joka kuluttaa akkua. (1),(5),(9),(14)

Akkua ei oikeastaan koskaan saa purkaa aivan tyhjäksi. Akun syväpurkaminen voi vioittaa akun tai vaikeuttaa sen lataamista. (1),(9),(14)

Akkua ei tulisi ladata aivan täyteenkään. Moni sähköauto lataa akkua sähkömoottorijarrutuksella. Sen vaikutus voi yllättää - se voi kasvattaa akun toimintamatkaa jopa 20...30 %. Sen vaikutus on niin suuri, että akku tulisi jättää latausvaiheessa hiukan vajaaksi. Vuoristoisessa maisemassa pitkä alamäki saattaa jopa yliladata akkua. Ylilataus voi kuumentaa akkua ja jopa vioittaa sen. (1),(9),(14)

Sähköauton ajaja voi muutenkin omilla ajotavoillaan vaikuttaa akun toimintamatkkaan. Rauhalliset kiihdytykset ja hidastukset, sekä nopeusrajoitusten noudattaminen pidentävät akun toimintamatkaa. (1),(9),(14)

Talvella akun toimintamatka voi kuvan 10 mukaan pienentyä jopa puoleen - etenkin jos toimintamatka suuntautuu taajama-alueelle kovalla pakkasella ruuhka-aikaan. Valmistajan mitaukset toimintamatkalle on tehty yleensä +25 asteen lämpötilassa tasaisella tiellä. Joissakin sähköautoissa on mahdollista lämmittää akkua esimerkiksi silloin, kun se on autokatoksessa yön yli. (1),(9)

Ulkomaalaiselle auton valmistajalle talvi tarkoittaa usein -10 °C pakkasta. Meillä talvi tarkoittaa -40 °C ja kylmempääkin. Kuvan 10 arviokin jää -25 °C asteeseen. Suomalainen sähköauton omistaja joutuu itse käytännössä kokemaan, kuinka pitkälle sähköautolla voi silloin ajaa. Ja kuinka paljon akun latautuminen tyhjästä täyteen hidastuu.

#### **4.2. Onko sähköauto halpa vai kallis**

Auton ostajaa kiinnostaa, onko sähköauto tai hybridisähköauto todella halvempi kuin polttomoottoriauto. Suomi muutti vuoden 2013 alusta alkaen verotusta, jotta niin olisi. Tässä luvussa me esittelemme asiaa [www-linkkeihin viittaamalla](#). Niiden kautta voi tutustua verotukseen oman henkilökohtaisen tilanteensa mukaan.

Sähköauton verotus:

Suomi on viime vuosina muuttanut ajoneuvojen verotusta. Tavoitteena on vaikuttaa verotuksella liikenteen ympäristövaikutuksiin ja energian käyttöön: CO<sub>2</sub>-päästöjä ja NO<sub>2</sub>-päästöjä halutaan pienentää. Fossiilisten polttoaineiden käytön vaikutusta hiiliasapainoon halutaan vähentää. (6),(13),(22)

Jos sähköauton ohjaamon ja akun lämmitys/jäähdytys toimii sähköllä, sähköauto tuottaa CO<sub>2</sub> - ja NO<sub>2</sub> -päästöjä vain välillisesti. Akun latauksen tarvittavan sähköön tuottaminen voimalaitoksissa aiheuttaa päästöjä. Eri maissa, esimerkiksi Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa, on aivan erilaiset teknologiat sähköön tuottamiseen, ja siksi aivan erilaiset päästöt energian tuotannossa. (6),(13),(22)

Mutta myös Suomessa sähköautojen yleistymisen katsotaan vähentävän ympäristövaikutuksia. Siksi verotusta on muutettu siihen suuntaan, että sähköauto ja hybridisähköauto saavat

verotuksellista etua. Verotuksesta löytää hyvää tietoa [www-sivuilta http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus](http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus), <http://www.motiva.fi> ja <http://www.aka.fi/motive>.

Ajoneuvovero on vuotuinen vero, ja se koostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta:

1) Perusvero henkilöautoille pohjautuu valmistajan ilmoittamaan CO<sub>2</sub>-päästön määrään. Sähköauton osalta se on 0 g/km eli se tekee perusveroksi kirjoitushetkellä 43,07 € vuodessa. Vertailun vuoksi CO<sub>2</sub> -päästö 100 g/km nostaa perusveroksi 85,05 €/v ja 150 g/km puolestaan 134,69 €/v. Koko taulukko löytyy [http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron\\_rakenne\\_ja\\_maara](http://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero/veron_rakenne_ja_maara) osoitteesta. Sieltä löytyy myös vanhojen (-2000) autojen verotustaulukko, joka pohjautuu painoon.

2) Käyttövoimaverolaskentaan 1.1.2013 alkaen pohjautuen käyttövoimaan ja kokonaisuudessaan. Kokonaisuudessa tai kokonaispaino tarkoittaa autoa täydessä ajokunnossa kaikkine tavanomaisine varusteineen, polttoaineineen sekä akkuineen:

- Bensiini: Ei peritä
- Sähkö + bensiini: 0,5 senttiä / päivä / alkava 100 kg (esimerkiksi 2000 kg = 36 €/v)
- Sähkö: 1,5 senttiä / päivä / alkava 100 kg (esimerkiksi 2000 kg = 108 €/v)
- Metaanikaasu: 3,1 senttiä / päivä / alkava 100 kg (esimerkiksi 2000 kg = 226 €/v)
- Sähkö + diesel: 4,9 senttiä / päivä / alkava 100 kg (esimerkiksi 2000 kg = 356 €/v)
- Diesel: 5,5 senttiä / päivä / alkava 100 kg (esimerkiksi 2000 kg = 400 €/v)

Polttoainemaksu on tarkoitettu ajoneuvoille, jotka käyttävät "moottoribensiiniä tai dieselöljyä lievemmin verotettua polttoainetta". Polttoainemaksua ei siis peritä sähköautosta. Polttoainemaksua ei myöskään peritä normaalisti verotettua moottoribensiiniä tai dieselöljyä käyttävistä ajoneuvosta. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20031280>

Autovero tarkoittaa ensirekisteröinnin jälkeen maksettavaa veroa, tai ajoneuvon rakenteen muutoksen jälkeen maksettavaa veroa. Uuden auton veroprosentti riippuu ajoneuvon hiilidioksidipäästön suuruudesta. (<http://ekotrafi.autoalanverkkopalvelu.fi/autojen-rajaus>)

Näiden periaatteiden pohjalta jokainen auto saa oman ajoneuvoveronsa maksettavaksi. Sen suuruuden saa parhaiten selville esimerkiksi Liikenteen turvallisuusviraston (Trafi) EkoTrafi-palvelusta osoitteesta <http://ekotrafi.autoalanverkkopalvelu.fi/autojen-rajaus>. Se on puolueeton tietokanta ja sitä pidetään jatkuvasti ajan tasalla. Sillä voi lajitella Suomessa markkinoilla olevia autoja merkin, hiilidioksidipäästön, kulutuksen, hinnan ja ajoneuvoveron mukaan.

Sähköauton liikennevakuutus:

Liikennevakuutuksissa ei näytä olevan erityismainintoja sähköautoille. Sähköauto on EuroN-CAP –turvallisuustesteissä osoittautunut yhtä turvalliseksi, kuin muutkin autot.

Sähköauton käyttökustannukset:

Täyssähköauto kuluttaa sähköä tyypillisesti 2 senttiä kilometriä kohti. CECC:n suositukset pohjautuvat tähän oletukseen. Bensiini- tai diesel-auto kuluttaa polttoainetta keskimäärin noin 10 senttiä kilometriä kohti. Käyttökustannuksiin sisältyy monia muitakin asioita. Jos ne oletetaan suunnilleen samansuuruisiksi, käyttökustannusten ero olisi sähköauton hyväksi 7 senttiä kilometrille. Vuodessa 15000 km ajavalle se tekisi 7800 € etua täyssähköautolle viidessä vuodessa.

Hybridisähköauto voi käyttää polttomoottoria akun lataamiseen ajon aikana. Se kasvattaa käyttökustannuksia täyssähköautoon verrattuna. Hybridiauton voisi olettaa saavan vähemmän etua perinteisen auton käyttökustannuksiin verrattuna.

Litium-ioni-akun vaihtaminen tulee eteen ajomäärästä riippuen noin 5-10 vuodessa. Akku on tällähetkellä kallis komponentti, sen vaihtaminen voi maksaa tuhansia euroja. Akun hintaa on kuitenkin vaikea arvioida, kuinka korkea se on kymmenen vuoden kuluttua. Nykyiset akut ovat korvautuneet uusilla akkuteknologioilla. Niiden hintatasoa on mahdotonta ennustaa.

Vuotuisten huoltokustannuksien sanotaan olevan sähköautolla pienemmät. Kuitenkaan ei vielä ole riittävästi kokemuksia, kuinka usein esimerkiksi akkuja tai akun kennoja käytännössä joudutaan vaihtamaan. Erilaisissa kustannuslaskureissa vuotuiset huoltokustannukset näytetään arvioitavan suunnilleen samalle tasolle. Esimerkiksi norjalaisella laskurilla osoitteessa <http://www.nordicenergy.org/articles/intelect-calculating-the-cost-of-electric-transport-in-the-nordic-countries/> käyttökustannukset on oletettu suunnilleen samaksi.

Tällä hetkellä sähköauton yleistymisen suurimpana hidasteena on ehkä korkea hinta. Se johtuu akkujen kalleudesta ja hybridisähköauton kaksinkertaisesta teholähteestä. Toisaalta, sähköautojen verotusta on kevennetty. Pieni vertailu olisi paikallaan:

Esimerkkivertailu:

Laskimme kuvaan<sup>11</sup> havainnollistavan esimerkin sähköautoilun vaihtoehtojen kokonaiskustannuksista. Se on laskettu olettaen, että auto ostetaan käteisellä ja myydään viiden vuoden kuluttua. Auton jälleenmyyntiarvo arvioimme laskevan 10 % vuodessa. Se ei ole kaikilla autoilla sama, mutta toisaalta sitä on mahdotonta ennustaa tarkasti tämän hetken uusille autoille.

Sähkön hinnan oletimme säilyvän nykyisenä ja latauksen tehtävän kotona omasta pistorasiasta. Hybridiauto ajaa vuodessa 15000 km - 95 % siitä sähköllä ja 5 % polttomoottorilla. Polttoaineen hinnan oletimme säilyvän nykyisellä tasolla.

Autojen jälleenmyyntiarvon oletimme pienenevän 10 % vuodessa. Auton myyminen viidennen vuoden lopussa pienentää autoilun kokonaiskustannuksia.

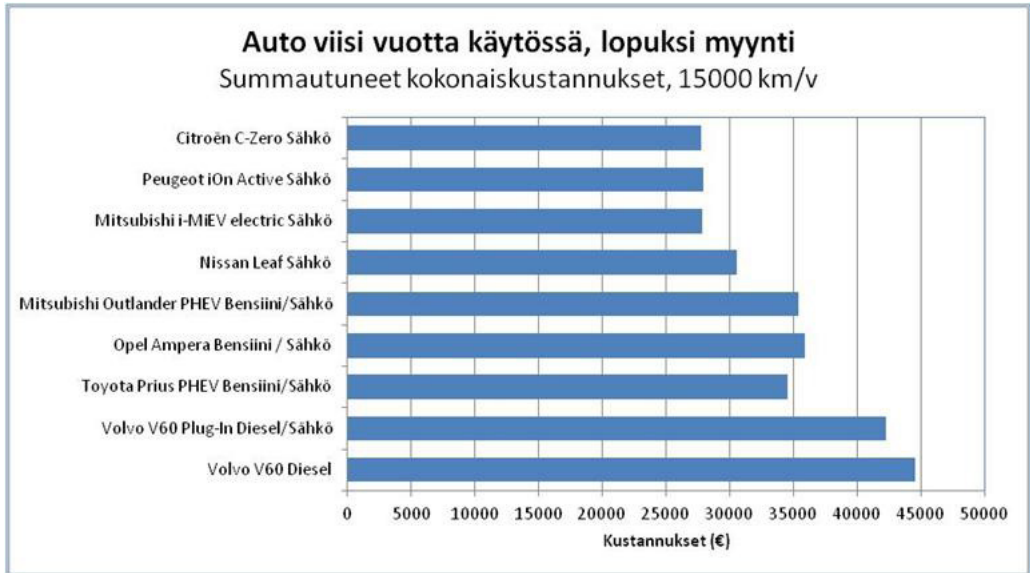
Akun kestoajat vaihtelevat eri autoissa niin paljon, että jätimme akun tässä vertailussa vaihtamatta. Lyhytikäinen akku voi tulla vaihtoon, mutta sen oletimme hinnaltaan sisältyvän auton huoltoon. Pitkäikäisen akun oletimme sisältyvän auton hankintahintaan.

Vertailussa on mukana myös yksi perinteinen Volvo V60 diesel-auto. Ajatuksemme oli laskea, ostaako sähköauto vai samalla rahalla hyvä perinteinen auto. Volvo on valittu tähän siksi, että sen diesel-hybridi tuli kirjoitushetkellä markkinoille. Vertailu kunkin valmistajan vastaavan polttomoottoriauton suhteen ei ollut mahdollista, koska vastaavia malleja ei ollut selvästi olemassa kaikilla valmistajilla.

Täyssähköauto on tässä vertailussa 31...38 % edullisempi, kuin perinteinen dieselauto. Ero tulee pienemmästä hankintahinnasta ja pienemmästä ajoneuvoverosta. Nissan on kalliimpi muita täyssähköautoja suuremman hintansa vuoksi.

Pistokehybridi on tässä vertailussa 5...21 % edullisempia, kuin perinteinen dieselauto. Vaikka kaikki ajomatkat tehtäisiin verkosta otetulla sähköllä, se vaikuttaisi laskettuun tulokseen vain

prosenttiyksikön verran. Mutta jos vain puolet ajoista tehtäisiin verkosta lataamalla, hybridit olisivat enää -1...14 % edullisempia. Jos kaikki ajot tehtäisiin polttoaineella, vertailu olisi vielä tasaväkisempi -8...7 %.



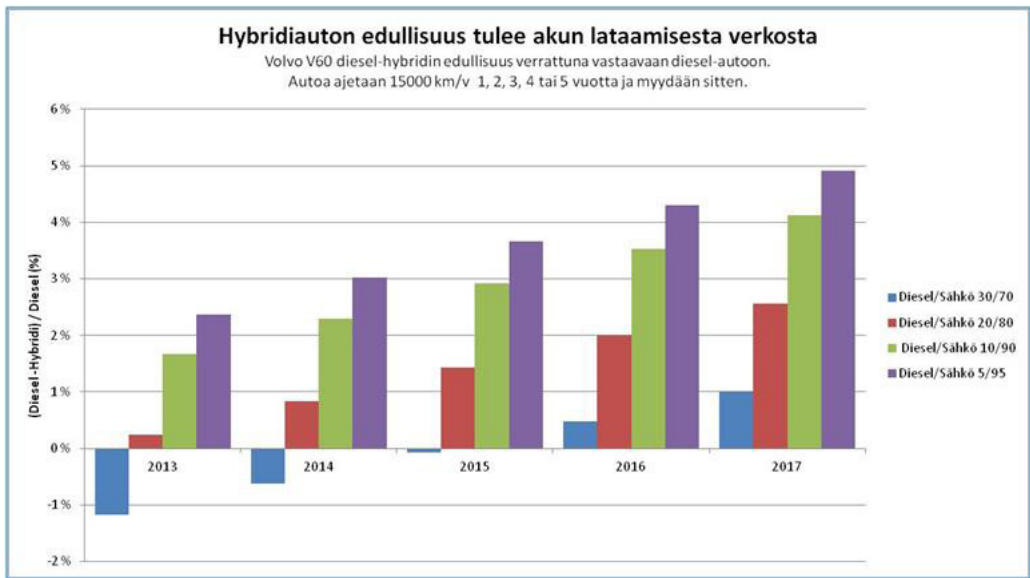
Kuva 11: Esimerkki erilaisten sähköautojen kokonaiskustannuksista

Volvon diesel-hybridi eroaa tässä vertailussa muista suuremman hinnan vuoksi. Volvolla on myös muita suurempi käyttövoimavero. Diesel-polttoaineeseen kohdistuu verotuspaineita sen aiheuttamien ilmastovaikutusten vuoksi. Toisaalta diesel-öljyn hintaa ei ole haluttu korottaa, koska se haittaisi raskasta liikennettä. Siksi diesel-hybridi saa Suomessa pienen verotustuen vain perusveron osalta.

Seuraavaksi meitä kiinnostikin laskea, missä vaiheessa Volvo V60 diesel-hybridi kääntyy edullisemmaksi, kuin Volvon vastaava perinteinen diesel-auto. Eli kuinka pitää ajaa, että on päästy jälleenmyynnin hetkellä pienempiin kokonaiskustannuksiin.

Diesel-hybridin hankintahinta on suurempi. Sen ajoneuvovero on kuitenkin pienempi ja verkosta ladatulla sähköllä ajaminen on halvempaa. Vuosien mittaan ne säästävät suuremman hankintahinnan erotuksen.

Kuva 12 seuraavalla sivulla havainnollistaa, että diesel-hybridin edullisuus tulee ajamalla akulla ja lataamalla akku verkosta. Jos verkosta ladatulla akulla ajetaan keskimäärin 70 % matkoista, neljän vuoden ajon jälkeen hybridi pääsee voitolle perinteisestä. Jos verkosta ladatulla akulla ajaa 80 % tai enemmän, jo ensimmäisenä vuotena hybridi pääsee voiton puolelle. Jos verkosta ladatulla akulla ajaa alle 50 %, kannattavuus tulee niin monen vuoden kuluttua, että perinteinen diesel-auto on käytännössä edullisempi.



Kuva 12: Esimerkki diesel-hybridin edullisuudesta perinteiseen diesel-autoon verrattuna

Nämä laskelmat olivat havainnollistavia esimerkkejä. Autoja vertaillaan yleensä muutenkin kuin kustannusten suhteen. Ne kuitenkin osoittavat, että Suomessa tehdyt veromuutokset näyttävät toimivan suunnilleen niille tarkoitetulla tavalla. Jokaisella autoilijalla on omat hänelle tyypilliset ajomatkinsa ja oma tapansa ajaa.

#### 4.3. Suomessa myytävät sähköautot

Suomessa on myytävänä koko ajan kasvava määrä erilaisia sähköautoja. Seuraavassa on aakosjärjestyksessä luettelo sähköautoista, joille voi hakea TEM-tukea:

##### Fisker Karma (36)

- Pistokeybridisähköauto.
- Kori: 4-ovinen 4-paikkainen viistoperäinen sedan urheiluauto.
- Kaksi 150 kW ja 1330 Nm sähkömoottoria, joita syöttää 20 kWh litium-ioni-akku.
- Toimintamatkaa akulla on 80 km.
- Akun lataus:
  - o Bensiniinimoottori 260 hv lataa akun ajon aikana.
  - o Kolmessa tunnissa 230 Vac 35A latausasemasta.
- Huippunopeus 200 km/t ja kiihtyvyys sataseen noin 6 sekuntia.
- Verollinen kokonaishinta on alkaen noin 121 360 €.

##### Mercedes-Benz Vito E-Cell (38)

- Täyssähköauto
- Kori pohjautuu Mercedes-Benz Vito -pakettiautoon. Kantavuus on noin 850 kg.
- Sähkömoottori 60 kW ja vääntöä 280 Nm.
- Kaksi litium-ioni-akkua
- Toimintamatka 130 km (NEDC).
- Akun lataus viidessä tunnissa 480 V nopealla AC-latausasemalla,
- Hintatietoa ei ollut saatavilla kirjoitushetkellä.

### **Mitsubishi i-MiEV (39)**

- Täyssähköauto.
- Kori: 5-ovinen ja 4-paikkainen pystyperä.
- Sähkömoottori 47kW ja 180 Nm,
- Litium-ioni-akku 16 kWh
- Akulla toimintamatka 150 km (NEDC) kesäaikaan. Toimintamatkaan voi vaikuttaa valitsemalla kaupunkiajoon, alamäkiajoon tai maantieajoon sopivan vaihteen.
- Akun lataus:
  - o Yksivaiheisesta 230 Vac 12 A pistorasiasta kuudessa tunnissa.
  - o DC-pikalatauksella puolessa tunnissa 80 % tehoon
  - o Ajon aikana sähkömoottorijarrutus lataa akkua.
- Huippunopeus 130 km/t ja kiihtyvyys sataan noin 16 sekunnissa.
- Auton ilmastointi toimii sähköllä. Akun varauksen vähetessä se automaattisesti jättää lämmityksen tai jäähdytyksen pois käytöstä ja jatkaa vain ilman vaihtoa.
- Verollinen hinta on 32 060 € vakiovarusteilla.

### **(M) Peugeot iOn ja Citroën C-Zero (42),(35)**

- PSA Peugeot Citroën valmistaa Peugeot iOn ja Citroën C-Zero autoja Mitsubishi i-MiEV:n lisenssillä.
- Moottorin teho ja vääntö ovat samat, myös akun energia ja toimintamatka ovat samat.
- Akun lataus:
  - o Yksivaiheisesta 230 Vac pistorasiasta kuudessa tunnissa.
  - o AC-pikalataus 400 Vac 16 A kolmivaihevirralla varttimituutissa puolilleen ja puolessa tunnissa 80 %:n lataukseen. Pikalataus katkeaa tässä vaiheessa automaattisesti, mutta käynnistämällä pikalataus uudelleen se jatkuu 100 % lataustilaan.
- Verollinen hinta:
  - o Citroën C-ZERO noin 41 000 €.
  - o Peugeot iOnin verollinen hinta on noin 32140 €.

### **Mitsubishi Outlander PHEV (39)**

- Pistokehybridisähköauto, joka toimii tarvittaessa joko sarja- tai rinnakkaishybridinä eli polttomoottorin, sähkömoottorin tai niiden molempien voimalla. Kuljettaja voi muuttaa toimintatapaa ajon aikana.
- Kori: 7-paikkainen ja 4-vetoinen katumaasturi.
- Moottorit:
  - o Yksi bensiinimoottori
  - o Kaksi sähkömoottoria,
- Litium-ioni-akku 12 kWh.
- Toimintamatka:
  - o Akulla 55 km NEDC.
  - o Bensiinimoottorin avustamana 800 km.
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 240 Vac 15A neljä tuntia täyteen lataukseen.
  - o DC- pikalataus 30 minuutissa 80 % varaukseen.
  - o Polttomoottori lataa akun ajon aikana.
- Huippunopeus 120 km/t.
- Verollinen hinta alkaa noin 39300 € tasolta.

### **Nissan Leaf (40)**

- Täyssähköauto.
- Kori: 5-ovinen ja 5-paikkainen pystyperä.
- Sähkömoottori 80 kWh 280 Nm, jota syöttää 24 kW litium-ioni-akku
- Akulla toimintamatka 175 km NEDC.
  - o Maantiellä ajettaessa toimintamatka on noin 220 km.
  - o Kuumana kesäpäivänä nopea ajo moottoritiellä toimintamatka on 113 km.
  - o Kymmenen asteen pakkasella kaupungin ruuhkassa toimintamatka on 100 km.
- Akun lataus:
  - o Hidas AC-lataus 240Vac pistorasiasta kahdeksassa tunnissa.
  - o Autotalliin asennettavalla Home Charger -latausasemalla akku latautuu kuudessa tunnissa.
  - o DC-pikalatauksella akku latautuu puolessa tunnissa.
  - o Akku latautuu ajon aikana myös moottorijarrutuksen avulla.
- Huippunopeus 145 km/t
- Verollinen hinta on noin 38150 € luokkaa.

### **Peugeot Partner Van EV (42)**

- Täyssähköauto.
- Kori: 5-ovinen pakettiauto. Kuorman kantavuus 685 kg. Kuormatilan tilavuus 3,4 m<sup>3</sup> tai 3,7 m<sup>3</sup> ja on joko 1,8m tai 2,05m.
- Sähkömoottori 49 kW ja 200 Nm
- Litium-ioni-akku 22,5 kWh.
- Akun toimintamatka 170 km NEDC.
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 240 Vac 16 A 6...9 tunnissa.
  - o Enintään 120 A AC-pikalatauksella 80 % varaus puolessa tunnissa.
  - o Ajon aikana sähkömoottorijarrutus lataa akkua.
- Huippunopeus on 96 km/t

### **Opel Ampera (41)**

- Pistokehybridisähköauto.
- Kori: 4-paikkainen ja 4-ovinen viistoperä coupé.
- Moottorit:
  - o sähkömoottori ja bensiinimoottori,
  - o molemmat moottorit yhdessä antavat 111 kW tehon ja 370 Nm väännön.
- Huippunopeus 161 km/t.
- Litium-ioni-akku 16 kWh
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 240 Vac 16 A. neljässä tunnissa.
  - o Ajon aikana akkua voi ladata sähkömoottorijarrutuksella.
  - o Talvella akkua voi lämmittää bensiinillä.
- Toimintamatka:
  - o Akulla toimintamatka on kesällä 60km ja talvella 40km.
  - o Bensiinimoottorilla noin 500 km.
- Verollinen hinta on noin 51300 €.

### **Renault ZOE (43)**

- Täyssähköauto.
- Kori: 5-ovinen porrasperä.



- Sähkömoottori 65 kW ja 220 Nm.
- Litium-ioni-akku 22 kWh
- Toimintamatka 210 km NEDC.
  - o Normaalisissa ajossa toimintamatka vaihtelee 95...145 km.
  - o Range OptimIZER –järjestelmä kasvattaa toimintamatkaa.
- Akun lataus Renaultin omalla Chameleon-laturilla
  - o Hidas AC-lataus 230 Vac yhdeksän tuntia.
  - o DC-pikalataus puoli tuntia.
  - o Akun voi vaihtaa huoltoasemalla kolmessa minuutissa.
- Huippunopeus 135 km/h.
- Ilmastointi käyttää ilmalämpöpumppua. Lämmityksessä säästö on 2/3 ja jäähdytyksessä 1/2. (44)
- Toimitukset alkavat syksyllä 2013, mutta Suomeen ehkä vasta 2014. Suomen verollista hintaa ei ollut kirjoitushetkellä tiedossa.

### **Toyota Prius PHEV (46)**

- Täyshybridi eli hybridauto, joka ei ole hybridisähköauto.
- Kori: 5-ovinen 4-paikkainen porrasperä.
- Moottorit:
  - o Dieselmoottori 73 kW
  - o Sähkömoottori 60 kW ja 650 Nm.
- Nikkeli-metallihybridi--akku 1,3 kWh.
- Toimintamatka sähkömoottorilla 20 km.
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 240 Vac 16 A 1,5 tunnissa.
  - o Polttomoottori lataa akun ajon aikana.
  - o Akkua lataa myös sähkömoottorijarrutus.
- Huippunopeus 120 km/t ja kiihtyvyys sataseen 11 sekuntia.
- Verollinen hinta on varustelutasosta riippuen noin 40300 € alkaen.
- Toyota tuo markkinoille lähivuosina muita hybridautoja, kuten Toyota Yaris Hybrid, Toyota Auris Hybrid, Toyota Prius HSD ja Toyota Prius+ HSD.

### **Volkswagen e-up (47)**

- Täyssähköauto.
- Kori: 3-ovinen ja 4-paikkainen porrasperä kaupunkiauto
- Sähkömoottori 60 kW ja 210 Nm.
- Huippunopeus 135 km/t ja kiihtyvyys nolasta sataan 11 sekunnissa.
- Litium-ioni-akku 18 kWh.
- Akun toimintamatka 150 km NEDC.
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 230 Vac viidessä tunnissa.
  - o AC- tai DC-pikalatauksesta ei tietoa kirjoitushetkellä.
  - o Katolle asennettu 1,7 m2 aurinkopaneeli voi myös ladata akkua.
- Tulee markkinoille ehkä syksyllä 2013. Verollinen hinta on Saksassa arvioitu 22500 € tasolle.

### **Volvo V60 Plug-in Hybrid (48)**

- Pistokeybridisähköauto.
- Kori: 4-vetoinen, 5-ovinen ja 5-paikkainen farmariauto.
- Litium-ioniakku 22 kWh. Valmistaja on tarkoittanut sen vuokrattavaksi suunnilleen noin 80 €/kk maksua vastaan. Akun käyttöajaksi on arvioitu kolme vuotta ja 12500 kilometriä vuodessa.

- Moottorit:
  - o Dieselmoottori 158 kW edessä ja 50 kW sähkömoottori takana.
  - o Vaihteisto on kuusivaihteinen automaatti.
  - o Diesel-moottorissa on start-stop -järjestelmä.
  - o Autoa voi ajaa joko pelkästään sähköllä tai dieselmoottorilla tai molemmilla samanaikaisesti.
- Litium-ioni-akku 11,2 kWh.
- Toimintamatka 50km NEDC.
- Akun lataus:
  - o Pistorasiasta 230 Vac 13A 4,5 tunnissa,
  - o Pistorasiasta 230 Vac 10A 4,5 tunnissa ja
  - o Pistorasiasta 230 Vac 6A 7,5 tunnissa.
- Huippunopeus 230 km/t ja kiihtyvyys nolasta sataan kuusi sekuntia.
- Ilmastointi toimii bioetanoli-lämmittimellä. Siinä on oma 14,5 litran tankki. Akku ja sähkömoottori puolestaan ovat vesijäähdytteiset.
- Verollinen hinta on noin 61885 €.

#### 4.4. Akku on sähköajoneuvon vaikein osa

##### *Sähköauton ja akun lyhyt laskuoppi*

Akun varausmäärä:

Sähköauton akun varausmäärä ilmaistaan kilowattitunteina (kWh). Se on myös se yksikkö, jonka perusteella maksetaan sähkölasku, kun akku ladataan sähköverkosta.

Verkkosähköllä on hinta, esimerkiksi 0,16 €/kWh. Silloin esimerkiksi 20 kWh akun lataaminen tyhjästä täyteen maksaisi  $20 \text{ kWh} * 0,16 \text{ €/kWh}$  eli 3,2 €.

Osa valmistajista ilmoittaa akun kapasiteetin ampeeritunteina. Edellisen esimerkin 20 kWh akku olisi tällä tavalla määriteltyinä  $20 \text{ kWh} / 300 \text{ V} = 67 \text{ At}$ .

Akun kokonaiskapasiteetti on vain yksi näkökulma. Akun pitää myös luovuttaa hetkellisesti suuria määriä virtaa, olipa akku täydessä latauksessa tai kohta menettämässä latauksensa.

Akun toimintamatka:

Sähköauton moottori kuluttaa akkuun ladattua sähköä sen mukaan, millainen sähkömoottori autoon on valittu. CENELEC käyttää suosituksissaan keskimääräistä kulutusta 0,2 kWh kilometriä kohti. Se pohjautuu standardoituun testausmenetelmään, jossa ajetaan standardoitu testiajo noin +20 asteen lämpötilassa tasaisella radalla.

Standardin mukainen toimintamatka akulle on helppo laskea. Jos akun varausmäärä on esimerkiksi 20 kWh, sillä voi ajaa  $20 \text{ kWh} / 0,2 \text{ kWh/km}$  eli 100 km. Saatu arvo on tarkoitettu vain autojen vertailuun keskenään. Todellisuudessa akkua ei voi eikä saa ajaa loppuun juuri ennen saapumista latauspaikalle. Akkua ei myöskään kannata ladata aivan täyteen, jos auton jarrutus ja moottorijarrutus lataavat akkua. Edellä mainitun 20 kWh:n akun varaustila vaihtelee käytännössä esimerkiksi 1...19 kWh välillä ladattaessa. Valmistajat ilmoittavatkin usein 80 % latausajan.

Akun varauksesta osa menee auton muihin toimintoihin, kuten radio, ilmastointi ja lämmitys, valot ja navigaattori. Niistä vain osa sisältyy valmistajan tekemään mittaukseen. Auton käyt-

täjä voi itse vaikuttaa esimerkiksi ajotavallaan, sekä lämmityksen, ilmastoinnin ja valojen käytöllä akun kulumiseen.

Akun latausaika:

Sähköauton latausaika yksivaihevirralla, eli tavallisesta maadoitetusta pistorasiasta, on myös helppo laskea: Jos pistorasian sulake on esimerkiksi 10 A, se antaa maksimissaan  $230\text{ V} * 10\text{ A}$  tehoa tunnissa eli 230 \* 10 Wattia tunnissa eli 2,3 kW tunnissa. Silloin 20 kWh akun lataaminen tyhjästä täyteen veisi aikaa 20 kWh / 2,3 kW eli 20 / 2,3 t eli noin 8,7 tuntia.

Pistorasian ylikuormittumisen välttämiseksi laturi voi rajoittaa ottamansa virran esimerkiksi 5 A:iin. Silloin sen voi huoletta kytkeä 10 A pistorasiaan ilman, että sulake palaisi normaalissa käytössä ilman todellista syytä. Latausaika kaksinkertaistuisi edellisestä laskusta 17,4 tuntiin. Jos se tuntuu pitkältä, vaihtoehtona on käyttää 16 A tai 30 A yksivaiheista pistorasiaa tai kolmivaiheista voimarasiaa.

Sähköauton akun latausaika kolmivaihevirralla on myös helppo laskea: Jos kolmivaiheisen pistorasia sulakekoko on esimerkiksi 64 A, siitä saa tehoa  $400\text{ V} * 64\text{ A}$  tunnissa eli 400 \* 64 Wattia tunnissa eli 25600 Wattia tunnissa eli 25,6 kW tunnissa. Akun 20 kWh lataisi sillä tyhjästä täyteen 20 kWh / 25,6 kW eli 0,8 tunnissa eli 46 minuutissa.

Japanissa on kehitetty tasajännitteeseen pohjautuva DC-pikalatausta. Sen latausteho tunnissa on  $500\text{ V} * 125\text{ A}$  eli 62500 W eli 62,5 kW. Akun 20 kWh lataisi sillä tyhjästä täyteen 20 kWh / 62,5 kW eli 0,3 tunnissa eli 20 minuutissa. DC-pikalataus tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että latausaseman laturi muodostaa tarvittavan tasajännitteen akun lataamiseen.

### *Akkuteknologiat*

Sähköajoneuvoissa on kokeiltu monia erilaisia akkuratkaisuja ja niillä on kullakin omat etunsa ja haittansa. Akku on nyt ja tulevaisuudessakin sähköauton nopeimmin kehittyvä osa:

Lyijyakut:

Lyijyaku on vanhin, mutta edelleen halvin akkuteknologia. Sitä on kahta tyyppiä, avoin lyijyaku ja suljettu lyijyaku. Avoimeen lyijyakuun pitää lisätä ajoittain vettä. Suljettu lyijyaku on huoltovapaa, koska sen elektrolyytti on geelinä. (1),(9),(18)

Lyijyaku sopii varausmääränsä vuoksi lyhyen matkan sähköajoneuvoihin. Niille se on nykyiseen halvin vaihtoehto. (1),(9),(18)

Nikkeli-akut:

Nikkeli-kadmium-aku (NiCd) on lyijyakuun verrattuna pitkäikäisempi, se kestää nopeita purkauksia ja latauksia, eikä se ole niin herkkä lämpötilan vaihtelulle. Heikkoutena on muistiefekti, eli sen varausmäärä pienenee vajaiden purkamisten ja latausten myötä. Kadmium on myrkyllisenä aineena ongelmajätettä akun kierrätysvaiheessa. (1),(9),(6),(18)

NiCd-akkua on käytetty esimerkiksi Peugeot 106, Citroën AX, Renault Clio sekä Ford Think –autoissa. (1),(9),(18)

Nikkeli-metallihybridi –aku (NiMH) on ominaisuuksiltaan vastaava kuin NiCd-aku. Siinä ei ole käytetty myrkyllistä kadmiumia. (1),(9),(18)

NiMH-akkua on käytetty esimerkiksi Chrysler Epic, Toyota RAV-EV, Toyota Prius ja Honda Insight -autoissa. (1),(9),(18)

Litium-akut:

Litium-ioni-akku (LiCoO<sub>2</sub>) kestää lyijy- ja nikkeliakkuihin verrattuna enemmän latauskertoja ja sen varauskyky on suurempi. Se myös kestää nopeita latauksia ja purkauksia. LiCoO<sub>2</sub>-akut ovat tällä hetkellä yleisimmin käytettyjä sähköautoissa. Sillä on kuitenkin pari heikkoutta tiedossa:

- Akussa käytetty koboltti on myrkyllistä. Se tekee akusta kierrätysvaiheessa ongelmajätteen.
- Ylilataaminen johtaa litium-akun kuumenemiseen. Esimerkiksi täydellä akulla ajettaessa sähkömoottorijarrutus voi yliladata akkua. Sen vuoksi sähköautossa on akun kuumenemisen estävä jäähdytysjärjestelmä. Pohjois-Suomen oloissa sähköautossa tulisi olla myös akun lämmitys, joka estää akun jäätyvän pakkasella.
- Akun tallentama energiamäärä pienentyy kolmanneksen 6...7 vuodessa. Syynä on epäpuhtauksien tunkeutuminen akun suljettuun rakenteeseen. Parannusta on kuitenkin luvassa: Nissan ilmoitti Detroitin autonäyttelyssä 2013 antavansa takuun Nissan Leafin akulle: Se korjaa tai korvaa akun, jos se menettää varauskykyään enemmän kuin 30 % viiden vuoden tai 108000 km ajon aikana. Tarkoitus oli kai vakuuttaa, että erityisiä valmistusvikoja ei ole mainitun ominaisuuden lisäksi. (1),(9),(18)

Litium-ioni-akulle on tulossa seuraajia, joilla ongelmat poistuvat tai ainakin vaihtuvat:

- Litium-rautafosfaatti-akku (LiFePO<sub>4</sub>) korvaa koboltin raudalla, ja on ympäristölle myrkytön. Samalla se kolminkertaistaa latauskertojen määrän.
- Litium-ilma-akku on tulossa käyttöön noin 2020 tienoilla. Sen varauskyvyn väitetään olevan tuhatkertainen ja toimintamatkan viisinkertainen nykyiseen LiCoO<sub>2</sub>-akkuun verrattuna. (1),(9),(http://www.mikropc.net/kaikki\_uutiset/mullistaako+litiumilmaakku+sahkoautoteollisuuden/a758146)

### Akkujen vertailua

Kokosimme taulukoon 3 nykyisten akkujen tärkeimpiä ominaisuuksia. Sähköauton akussa on yleensä energiaa täyteen ladattuna 15...30 kWh. Sähköauton moottori kuluttaa sähköä noin 0,2 kWh/km. Siitä voi laskea toimintamatkaksi 75...150 km. Kunkin akkutyypin energiatiheydestä laskimme 75 km ja 150 km toimintamatkoja vastaavat akun painot. Akun painoa lisää vielä sen kotelointi, kaapelointi ja erilaiset valvontapiirit. (1),(9),(18)

Akku	Paino kg (75 km)	Paino kg (150 km)	Paino (750 km)	Lataus-aika (t)	Latauskertoja	Hinta €/kWh
Lyijyakku	95	185	--	8...24	800	80...112
NiMH-akku	65	125	--	1...2	900	150...260
LiCoO <sub>2</sub> -akku	45	85	--	2,5	1000	150
(LiFePO <sub>4</sub> -akku)	(~45)	(~85)	--	(~2,5)	(~3000)	(~150)
(Litium-ilma-akku)	(~9)	(~17)	(~85)	ei tiedossa	ei tiedossa	(<<150)
(Alumiini-ilma-akku)	(~70)	(~140)	(~700)	0,2	>1000	--
(Sinkki-ilma-akku)	(~65)	(~130)	(~650)	0,2	>2000	--

Taulukko 3: Akkujen teknologinen kehitys

Lyijyakku on edelleen halvin akku. Se sopii lyhyen toimintamatkan sähköajoneuvoille esimerkiksi sisätiloihin. LiCoO<sub>2</sub>-akku on kevein. Se soveltuu keskipitkän toimintamatkan sähköautoille ja hybridisähköautoille. Ne voivat ladata akun nopeasti ja akun käyttöikä sallii riittävän määrän latauskertoja.

Litium-akuilla on muihin nähden enemmän kehitysmahdollisuuksia: Latausten ja purkausten määrä on kasvamaan päin, ja samoin varaustiheys. Litium-akkujen kierrätyksen tuottama litium pienentää litiumin hintaa ja sitä kautta akun valmistuskustannuksia aikanaan noin kolmannekseen nykyisestä.

Nyt ostettava sähköauto pohjautuu useimmiten litium-ioni-akkuun. Muutaman vuoden kuluttua sitä voi odottaa akun vaihto. Vaihtoakku on noin kolme kertaa alkuperäistä pitkäikäisempi. Sen jälkeen seuraava vaihtoakku antaa alkuperäiseen nähden viisinkertaisen toimintamatkan. Se kestääkin auton käyttöajan loppuun. Jokainen näistä akuista kuitenkin maksaa itsensä takaisin halvempina ajokustannuksina. Tämä laskelma oli keskimääräinen vertailu, eri valmistajien autot ja akut ovat tietysti keskenään erilaisia.

### *Sähköauton toimintamatkojen vertailua*

Akun paino on suurin este sähköauton toimintamatkan kasvattamiseksi. Uudet teknologiat, kuten sähkömoottorijarrutus, ajotapojen optimointi ovat kasvaneet toimintamatkan jo yli 200 km:iin.

Sähköauto käyttää akkua kuitenkin muuhunkin kuin liikkumiseen. Auton hallinta, valot, audiolaitteet, ilmastointi, navigointi jne. toimivat sähköllä. Valmistajat optimoivat auton varustelutason, akun painon ja varauskyvyn sekä moottorin tehon välillä.

Akulla ajattavaan matkaan vaikuttaa myös tien mäkyisyys, ympäristön lämpötila, ajonopeus, ajotavat, moottorijarrutus jne. Osa valmistajista on antanut tietoa myös tästä vaihtelusta. (1),(9)

- Nissan ilmoittaa NEDC-testiin pohjautuvan matkan olevan 175 km. Mutta kaupunkiajossa kesällä matka pienenee noin 80 km:iin. Kuumalla säällä moottoritiellä voi ajaa vain noin 40 km. Kaupunkiajo talvella keskustan ruuhkassa pienentää toimintamatkan jopa 20 km:iin.
- Renault ilmoittaa NEDC-toimintamatkan olevan 150 km. Mutta kylmissä olosuhteissa se on noin 100 km.
- Peugeot iOn ilmoittaa toimintamatkan 150 km (NEDC) olevan Pohjoismaissa noin 130 km.
- Muiden valmistajien autojen ajomääriä ei kuitenkaan voi suoraan laskea näistä. Eri valmistajilla on omat menetelmänsä esimerkiksi pitää akku lämpimänä pakkasella, erilainen lämmitys ja ilmastointi ja erilaiset automaattiset ajo-ohjelmat akun alkaessa tyhjenemään.

Kokeilimme itse Nissan Leafin toimintamatkan pienentymistä säiden kylmetessä: Nollassa asteessa toimintamatka oli noin 90 km. Pakkasen kiristyessä -17 °C:een toimintamatka lyheni 75 km:iin. Sen mukaan Nissanin ilmoittama tieto vaikuttaa luotettavalta.

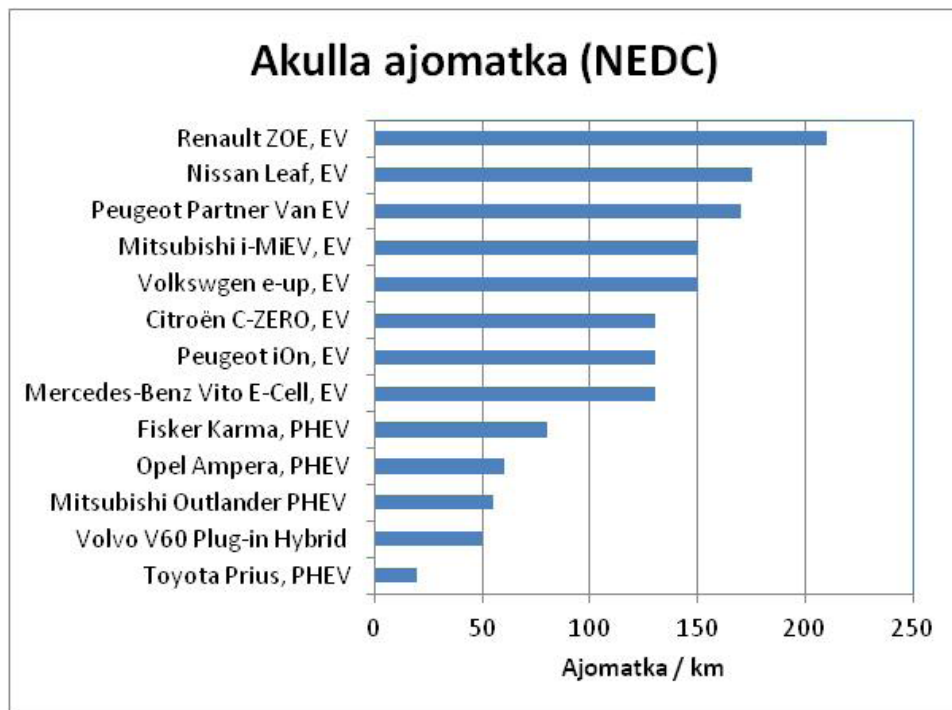
Valmistajien ilmoittamia toimintamatkoja voi vertailla vain, jos ne on mitattu samalla menetelmällä. Euroopassa, Japanissa ja USA:ssa käytetään erilaisia testejä toimintamatkan mittaamiseksi. USA:ssa käytetään testiä FTP-75, Japanissa "10 mode / 10-15 Mode (1983) / JCo8 (2008)" ja Euroopassa testiä NEDC. Ostaja voi verrata valmistajien ilmoittamia toimintamatkoja suoraan toisiinsa, jos ne on mitattu samalla menetelmällä. Esimerkiksi Mitsubishi i-MiEV ilmoittaa toimintamatkan eri menetelmillä mitattuna seuraavasti: (1),(9),(23),(24),(25):

- Amerikkalainen testi: 100 km
- Eurooppalainen testi: 150 km
- Japanilainen testi: 160 km

Vuoden 2013 aikana pitäisi tulla maailmanlaajuisesti yhtenäinen testi WLTP (Worldwide har-

monized Light vehicles Test Procedures) tulee. Sen jälkeen autovalmistajien ilmoittamat toimintamatkat ovat keskenään suoraan vertailtavissa. (1),(9),(30)

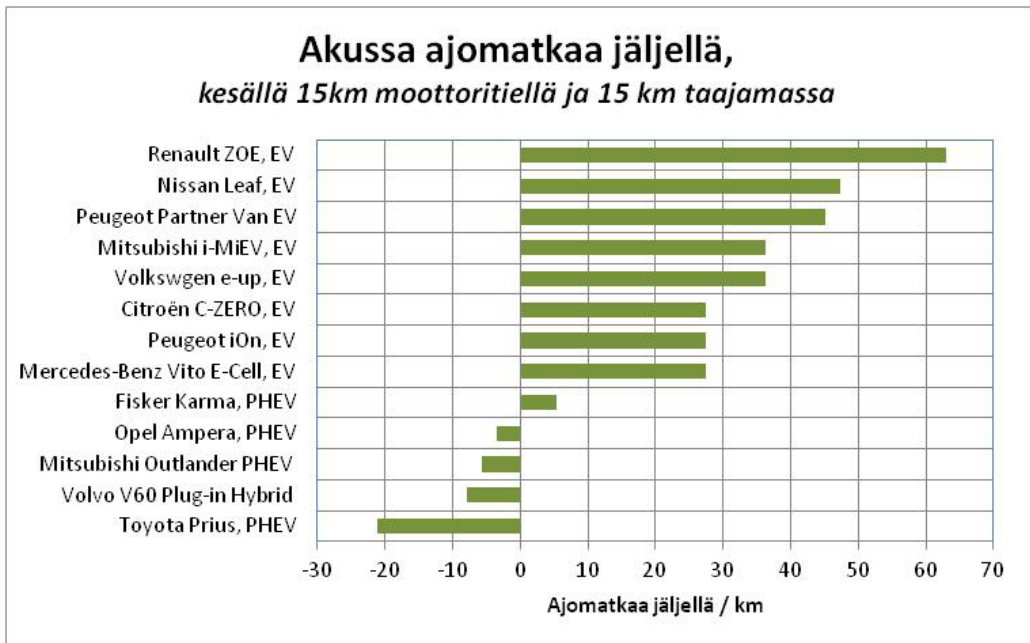
Kuvassa 13 on tässä esiteltyjen TEM-tukea saavien autojen eurooppalaiset NEDC-toimintamatkat. Testi tehdään standardoiduissa kesäolosuhteissa tasaisella radalla. Testattavalla autolla ajetaan standardissa määritelty matka ja sen aikana ajonopeutta muutellaan standardissa määritellyllä tavalla. Testin tuloksia voi käyttää esimerkiksi autojen vertailuun ostotilanteessa.



Kuva 13: Sähköautojen eurooppalaisia NEDC-toimintamatkoja.

Oulun seudun alueen liikennemittauksen pohjalta arvioimme seuraavaksi kuvassa 14, kuinka paljon akussa on toimintamatkaa jäljellä, jos akusta käytetään varmuuden vuoksi vain 80 %, ja jos autolla jaetaan kesällä yksi 15 km keskimääräinen toimintamatka edestakaisin. Laskelma perustuu Nissanin ilmoittamiin arvoihin, ja antaa siksi vain jonkinlaisia karkeita suuntaviivoja:

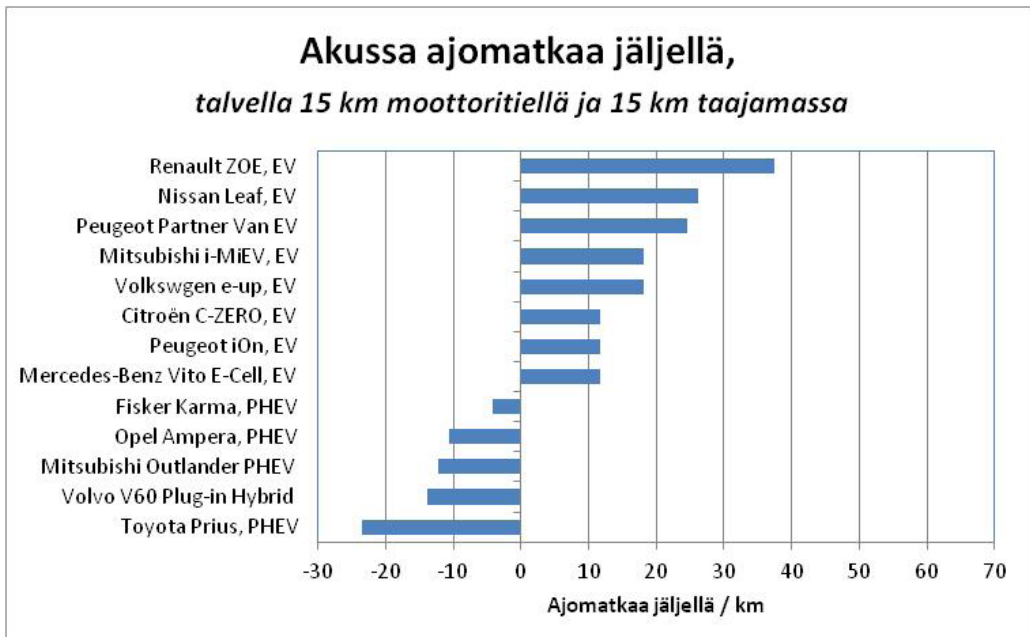
- Toyota Prius, Volvo Opel ja Mitsubishi Outlander PHEV -hybridit lataisivat akkua polttomootorillaan kesken matkan.
- Fisker Karma -hybridi palaisi kotiin ladattavaksi.
- Kaikki sähköautot tulisivat kotiin ladattavaksi.
- Renault ZOE, Nissan Leaf, Peugeot Partner, Mitsubishi i-MiEV ja Volkswagen e-up tekisivät vielä toisenkin matkan ennen latausta.



Kuva 14: Sähköauton akku yhden kesäisen toimintamatkan jälkeen (EV=sähköauto, PHEV=hybridi)

Kuvassa 15 arvioimme edelleen, kuinka paljon akussa on toimintamatkaa jäljellä, jos autolla jaetaan talvella keskimääräinen 15 km toimintamatka edestakaisin. Laskelma perustuu Nissanin ilmoittamiin arvoihin, ja antaa siksi vain jonkinlaisia karkeita suuntaviivoja:

- Kaikki sähköautot pääsisivät kotiin ladattavaksi.
- Kaikki hybridautot lataisivat akkua polttomoottorillaan kesken matkan.
- Renault ZOE tekisi vielä toisenkin matkan ennen latausta.



Kuva 15: Sähköauton akku yhden talvisen toimintamatkan jälkeen (EV=sähköauto, PHEV=hybridi)

#### 4.5. Sähköauton ostaminen kotimaasta vai ulkomailta

Ostotilanteessa ostaja on aina kahden kesken myyjän kanssa. Ostaja ei välttämättä tunne sähköauton tekniikkaa – eikä aina myyjäkään. Kokosimme siksi muutamia neuvoja terveen järjen käyttäjille - asettuen lähinnä ostajan asemaan.

##### *Uusi sähköauto*

Sähköauton myymisen voi aloittaa kysymällä, mitä ovat ostajan käyttötarkoitukset autolle. Jokainen voi varmaankin muistaa vuoden päähän taaksepäin, kuinka usein kävi autolla työssä ja kaupassa tai muilla asioilla ja kuinka pitkiä ne matkat ovat. Kuinka usein kävit kesämökillä, sukulaisissa vierailulla tai teatterissa kauempana. Kuinka pitkiä ne matkat olivat ja kuinka usein niitä tuli tehtyä. Ne ovat luultavasti lähellä Oulun seudun alueen liikennetutkimusta. Se tuli esille edellisessä luvussa.

Seuraavaksi voi arvioida, kuinka nämä matkat suhtautuvat sähköauton tai hybridisähköauton avulla ajettavaan suurimpaan matkaan. Mitä suuremman osan ajoistaan asiakas voi tehdä sähköllä, sitä parempi. Muista, että kovalla pakkasella akun nimellinen toimintamatka jää alle puoleen siitä, mitä kesällä.

Jäljellä ovat vielä pitkät toimintamatkat. Jos ei voi käyttää julkista liikennettä, voi hankkia hybridisähköauton. Jos pitkälle matkalle voi vuokrata perinteisen auton, käyttää linja-autoa, juna, lentokonetta tai muuta julkista liikennettä – silloin voi ostaa täyssähköauton.

Seuraavaksi voi tarkistaa, onko julkisia latausasemia sopivasti päivittäisillä kulkureiteillä. Jos auton voi pistää lataukseen työaikana, autoilu helpottuu kovasti. Asiakas voi haluta kotiin asennettavan voimavirtapistokkeen, joka kestää auton latausvirran. Autotalliin voi myös asennuttaa latausaseman. Mitä enemmän asiakkaalla on lataukseen vaihtoehtoa, sitä parempi.

Sähkömoottorin tehoa asiakas voi testata koeajolla. Sähköauto pystyy mäkilähtöön jyrkässäkin ylämäessä. Se on myös riittävän nopea kaupunkiajossa. Maan tieajossa voi ajaa tavallisilla nopeusrajoituksilla, mutta ohituskiihtyvyys on yleensä pienempi.

Merkkihuolto ja käyttäjäkerho vakuuttavat asiakasta päätöksen teossa. Asiakasta kiinnostaa erityisesti, kuinka usein akku pitää vaihtaa ja vaihdetaanko koko akku vai kenno kerrallaan, sekä kuinka kallis akun tai sen kennon vaihtaminen on. Akun vaihtaminen kokonaan on kallis operaatio, mutta verrannollinen nykyisen auton kalleimpiin huoltoihin. Ja seuraava akku on monella tavalla parempi ja halvempi.

##### *Käytetty sähköauto*

Sähköautossa, jota on käytetty lähinnä kaupakassina, ei ehkä näy mekaanisen kulumisen merkkejä. Silloin pitää niin ostettaessa kuin myydessä katsoa esimerkiksi seuraavia asioita: Akun kunnon voi testata koeajolla. Jos auto ei jaksa nousta ylämäkeä tai tehdä mäkilähtöä, akun vaihtaminen saattaa olla kohta edessä. Kannattaa katsoa käyttöohjeesta ja huoltokirjasta, onko akku huollettu asianmukaisesti ja, milloin akku tulisi vaihtaa. Akun vaihtaminen ei sinänsä ole este kaupalle, jos se huomioidaan hinnassa.

Koeajo kannattaa tehdä niin pitkänä, että se käytännössä testaa akun toimintamatkan pituuden. Sen jälkeen voi kokeilla, kuinka akun lataus sähköverkosta toimii.



Koeajon aikana voit kokeilla kaikkien hallintalaitteiden toiminta. Erityisesti kannattaa tarkistaa, toimivatko lämmitys ja ilmastointi.

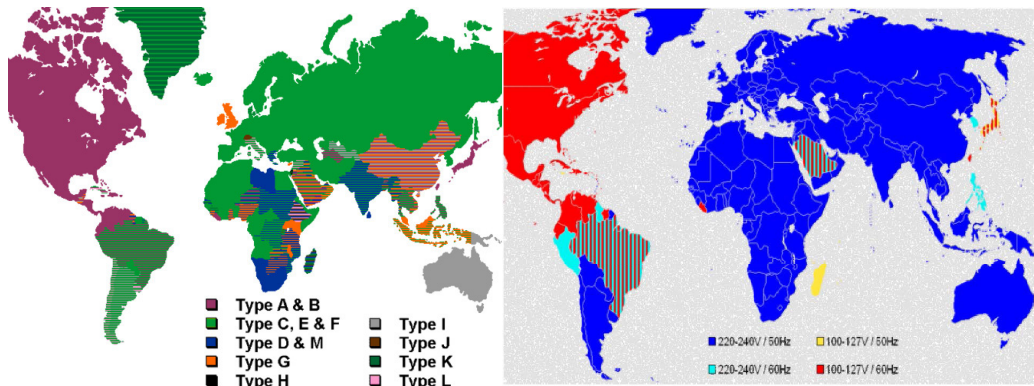
Käytetyllä autolla tulisi olla aina huoltokirja tallessa. Sieltä tulisi tarkistaa, onko kaikki huollot tehty ja mitä vikoja on korjattu.

### Sähköauto suoraan ulkomailta

Suomeen tuotavan ajoneuvojen verotus kuuluu Tullilaitoksen toimivaltaan. Se ei anna lausuntoja, mutta antaa [www-sivuilla](http://www.tulli.fi/fi/yksityisille/autoverotus/index.jsp) (http://www.tulli.fi/fi/yksityisille/autoverotus/index.jsp) esimerkkejä tehdyistä verotuspäätöksistä sekä muita ohjeita uusien ja käytettyjen autojen maahan tuojille.









Ulkomailta uuden tai käytetyn sähköauton valinta ostamisvaiheessa on periaatteessa samanlainen asia, kuin edellä. Joitakin asioita kannattaa kuitenkin pitää mielessä:

Eri maissa käytettävät yleisen sähköverkon jännitetasot, taajuudet, pistorasia ja pistokkeet ovat erilaisia. Jos sähköauto on verkosta ladattava, kannattaa tarkistaa kuinka yhteensopiva se on Suomen sähköverkkoon. Pistokkeen vaihtaminen on helppoa. Mutta sovittautuminen eri jännitetasoon ja verkkotaajuuteen ei ole helppoa.



Kuva 16: Sähkönjakeluverkon jännite ja taajuus, sekä pistokkeen/pistorasian tyypit (WikiPedia)

Pitkällä tähtäimellä sähköautojen latauskaapelit ehkä yhtenäistyvät. Mutta sitä ennen Suomessa, joissakin EU-maissa, USA:ssa, Englannissa, ja Japanissa käytetään myös keskenään yhteen sopimattomia latausjärjestelmiä. Kuva 17 havainnollistaa latauskaapelien mekaanista yhteensopimattomuutta.

	Type 1 / USA	Type 2 / Europe	GB / China
AC	 SAE J1772 / IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB part 2
DC	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB part 3 / IEC 62196-3
Combined AC/DC Charging System	 SAE J1772 / IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

Kuva 17: Latauspistokkeita Euroopassa, USA:ssa ja Kiinassa

## 5. Latausasemien ja verkostojen rakentaminen

### 5.1. Pistorasian lyhyt sähköoppi

Suurin osa sähköauton käyttäjistä haluaa, ainakin Saksasta saatujen kokemusten mukaan, laadata akkunsaa kotona. Eurooppalainen malli lataukselle on AC-lataus. Siinä akun laturi on asennettu autoon ja se kytketään latauskaapelilla yksivaiheisen tai kolmivaiheisen pistorasian kautta sähköverkkoon.

Yksivaiheinen pistorasia:

Suomessa yksivaiheinen maadoitettu pistorasia tarkoittaa esimerkiksi tavallista kotitalouspistorasiaa tai autolämmityspistorasiaa. Sen jännite on 230Vac ja siitä saatava virta on mitoitettu 10A, 16A tai 20 A suuruisiksi. Siitä voi laskea pistorasiasta saatavaksi maksimitehoksi 2,3 kW, 3,68 kW ja 4,6 kW. (2),(15)

Uudessa rakennuksessa pistorasia on nykyään aina suojamaadoitettu 16A tai 20 A. Vanha pistorasia voi olla suojamaadoittamaton 10 A. Uusi pistorasia on suojattu sulakkeella ja vikavirtasuojalla. Vanhaa pistorasiaa suojaa on usein vain sulake.

Vanha pistorasia voi olla joskus aikoinaan mitoitettu esimerkiksi vain valaistukseen. Samassa virtapiirissä voi olla pistorasian lisäksi ketjutettuna esimerkiksi valaistusta tai lämmitystä. Tai usea pistorasia voi käyttää yhteistä nousujohtoa pääkeskukselle. Sen vuoksi on olemassa ylikuormituksen vaara, jos sähköauton laturi ottaa pistorasiasta tarvitsemansa tehon. (15)

Kolmivaiheinen pistorasia:

Suomalainen kolmivaiheinen maadoitettu pistorasia sisältää kolme vaihejohtinta, niiden yhteisen paluujohtimen eli nollajohtimen sekä suojamaajohtimen. Jokaisessa vaihejohtimessa on 230 Vac jännite. Kun niillä on keskenään 120 asteen vaihe-ero, ne antavat yhdessä tasaisen tehon. Kolmen vaihejohtimen yhdessä antama virta ja teho ovat kolminkertaisia vastaavaan yksivaiheiseen pistorasiaan verrattuna.

Kolmivaiheista pistorasiaa kutsutaan kansankielellä "voimavirraksi". Sen teho on niin suuri,

että siinä on suojana sulakkeiden lisäksi aina myös vikavirtasuoja. (15),(16)

Vaihejohtimen ja nollajohtimen välillä on 230 Vac jännite. Kahden vaihejohtimen välillä on 400 Vac jännite. Suomessa kolmivaiheinen maadoitettu pistorasia luokitellaan 400Vac jännitteellä antavan 10 A, 16 A, 32 A tai 63 A virtaa. Vastaavasti se antaa tehoa 4 kW, 6,4 kW, 12,8 kW tai 25,2 kW. (2),(15),(16)

Pistorasian ylijännitesuojaus:

Sulake on tarkoitettu estämään ylikuormituksen ja oikosulun aiheuttama vahinko muulle sähkönjakelulle taloudessa. Oikosulku tarkoittaa esimerkiksi vaihejohtimen irtoamista laitteen sisällä ja koskettamista sen runkoon. Pistorasiasta tuleva oikosulkuvirta kasvaa silloin niin suureksi, että sulake palaa ja lopettaa vain kyseisen pistorasian toiminnan.

Sulake on vain vaihejohtimessa. Sulake ei ole koskaan nollajohtimessa eikä suojamaajohtimessa. Vaihejohtinta pitkin virta tulee laturiin, ja nollajohtinta pitkin menee verkkoon takaisin. Esimerkiksi 200Vac 16 A pistorasia tarkoittaa, sitä että sen sulake palaa noin 16 A virralla. Pääkeskuksen ja pistorasian välinen johto kestää noin 18 A virran. Pistorasian syöttämä laite saa kuluttaa virtaa noin 14 A.

Sulake estää pistorasialle menevän johdon kuumenemisen. Samalla se suojaa pistorasiaan kytkettyä laitetta – kun se rajoittaa pistorasiasta saatavaa virtaa. Laitteen pistorasiasta ottama maksimiteho usein lasketaan sulakekoon mukaan. Laturin pistorasiasta ottama virta vaihtelee sen toimintatilan mukaan. Sulakkeen mitoitusvirta on kuitenkin suurin virta, jonka se saa pistorasiasta.

Suojamaa kytkee siis laitteen rungon pistorasian suojamaajohtoa kautta rakennuksen maadoittimeen. Sen tarkoitus on oikosulun yhteydessä johtaa pistorasiasta tuleva oikosulkuvirta rakennuksen maadoittimeen. Pistorasian syöttämä virta kasvaa ja polttaa sulakkeen.

Suojamaadoitus ei toimi, jos käytetään suojamaadoittamatonta pistorasiaa tai latauskaapelia. Oikosulku johtaa silloin verkkojännitteen laitteen koteloon ansaksi. Jos nyt ihminen koskettaa laitetta, hän johtaa virran kehonsa kautta maahan ja kuolee. Laite tarkoittaa tässä autoa tai sen latauslaitetta.

Sulake ei edes oikosulun hetkellä pelasta ihmisen henkeä, vaikka suojamaa olisi toimiva. Sulake on siihen liian hidas. Sulake on tehty sähköverkon suojaamiseen. Esimerkiksi talon lämmitys jatkaa toimintaansa, vaikka pistorasian sulake palaa. Tulppasulakkeen sisällä on jopa jauhetta, jonka tarkoitus on hidastaa sulakkeen palamista. Ennen sulakkeen palamista oikosulkuvirta menee ihmisen kehon kautta maahan ja ihminen kuolee.

Sulakkeen koko on pistorasialle tulevan syöttöjohdon nimellisvirran ja latausjärjestelmän ottaman virran välillä. Johdon nimellinen virta tarkoittaa suurinta jatkuvaa virtaa, jonka johto pystyy siirtämään. Johdot luokitellaan pakisuuden mukaan ja samalla niille määräytyy nimellisvirta.

Sulakkeen koon ylikasvattaminen on vaarallista: Johto alkaa toimia sulakkeena, ja sulake johdona. Aluksi kuumenee pistorasia, koska sen kytkentänastoissa on enemmän resistanssia kuin johdossa. Pistorasia pehmenee perunan muotoiseksi. Seuraavaksi kuumenee johto pistorasiasta pääkeskukseen. Sen muovivaippa alkaa muuttua noin 150 asteessa. Siihen vielä sata astetta lisää, niin johdossa tapahtuu oikosulkuja. Muovinen suojavaippa syttyy palamaan johdon

koko pituudella sieltä täältä. Auto, autotalli ja talo palavat.

Automaattisulake eli johdonsuojakatkaisija on nykyään usein sulakkeen tilalla. Se vastaa sulaketta toimintatarkoitukseltaan. Katkon jälkeen sen voi palauttaa uudelleen toimintaan kääntökytkimellä.

Vikavirtasuoja on tarkoitettu pelastamaan ihmisen henki: Vikavirtasuoja vertaa pistorasiasta laturille menevää virtaa ja nollajohdinta pitkin laturilta verkkoon palaavaa virtaa. Jos ne poikkeavat toisistaan enemmän, kuin vikavirran verran, se katkaisee virran. Oikosulun sattuessa se katkaisee sähkönsyötön niin varhaisessa vaiheessa, että ihminen ei kuole, vaikka hän oikosulun hetkellä koskettaa autoa tai sen latauslaitetta.

Sähköautopistorasian asentaminen ja käyttöönotto:

Tämän tarkoitus on lisätä tietoa, jota voi käyttää sähköalan asiantuntijan apua tilatessa: Sähköalan ammattilaisen pitää asentaa latausasema. Hänen pitää myös tarkistaa pistorasia ennen sen käyttöä sähköauton akun lataamiseen. Tarkistettavia asioita on useita:

- Pistorasian, johdon ja sulakkeen mitoitus ja niiden kaikkien sen hetkinen kunto,
- Vikavirtasuoja ja suojamaadoituksen kunto.
- Pistorasian liityntä ja vaikutus virtapiiriin rakennuksen muihin sähköasennuksiin pistorasioita
- Usean sähköauton samanaikaisen latauksen mahdollisuus. (2),(15),(16)

## 5.2. Akun lataaminen kotona

Hybridisähköauto lataa auton akun polttomoottorin käyttämällä generaattorilla ajon aikana. Pistokeyhybridiauton akun voi ladata myös kotona sähköverkosta, kunhan asennuttaa sopivan pistorasian tai latausaseman esimerkiksi autotalliin tai autokatokseen. Hybridisähköauton voi valita taajamassa ajamaan pelkästään sähköllä. (6),(9),(12)

Sähköauto toimii vain akulla. Vaikka sen voi ladata kotona pitorasiasta, se vaatii latausasemien verkoston. EU velvoitti tammikuussa 2013 Suomen rakentamaan vuoteen 2020 mennessä noin 71000 latausasemaa. Niistä suurin osa olisi kotona autotallissa, autokatoksessa ja kerrostalojen pysäköintitiloissa. Niiden lisäksi pitäisi rakentaa julkisia latauspalveluita huoltoasemille, kaupakeskuksiin ja pysäköintihalleihin yhteensä noin 7000 latausasemaa. (6),(9),(12),(13)

Акun lataukseen on kehitetty erilaisia menetelmiä. Ne jakautuvat kahteen ryhmään sen mukaan, onko laturi autossa (AC-lataus) vai auton ulkopuolella (DC-pikalataus). AC-lataus jakautuu edelleen hitaaseen AC-lataukseen ja nopeaan AC-lataukseen sen mukaan, kuinka paljon se ottaa tehoa yleisestä sähköjakeluverkosta. (2),(15)

Акulla on myös sille tyypillinen suurin kyky (C-arvo) vastaanottaa laturista energiaa. Esimerkiksi C1 tarkoittaa, että akun voi ladata tunnissa. C2 akku latautuu puolessa tunnissa ja C4-akku latautuu varttitunnissa. (2),(15)

### *Hidas AC-lataus pistorasiasta*

Yksivaiheinen pistorasia:

Suomessa kuvan 18 yksivaiheista pistorasiaa voi käyttää vain kevyen sähköajoneuvon, tilapäiseen tairajoitettuun lataukseen. Rajoitettu tarkoittaa esimerkiksi sitä, että se on vain omaan käyttöön. Tilapäinen tarkoittaa esimerkiksi sitä, että esimerkiksi sähköpolkupyöränakku tarvitsee ladata vain toisinaan Muina aikoina pistorasiaan voi olla kytketty vaikka kahvinkeitin. (2),(15),(16)



*Kuva 18: Suomalainen yksivaiheinen pistorasia ja pistoke (www.wikipedia).*

Keuyen sähköauton toimintamatka on enintään 20 km, ja kulutus on 0,2 kWh/km. Akun energiamäärä on 4 kWh. Sen voi ladata 10 A pistorasiasta vajaassa kahdessa tunnissa, ja 16 A pistorasiasta reilussa tunnissa. Laturin pitää itse rajoittaa pistorasiasta ottamansa virta 10 A tai 16 A sulakkeen suuruuteen. (2),(15)

Sähköpolkupyörän akun teho on pieni, esimerkiksi Sanifer 360 Wt, ja sen lataaminen kestää 5...6 tuntia. Sen laturi ottaa virtaa pistorasiasta vajaat puoli ampeeria. Se siis kuormittaa pistorasiaa suunnilleen kahvinkeitin verran. Ylikuormittumisen vaaraa ei ole.

Kolmivaiheinen pistorasia:

Keuyen sähköajoneuvon akun voi ladata myös kolmivaiheisesta maadoitetusta pistorasiasta. Auton toimintamatkaksi luokitellaan tässä tapauksessa alle 20 km. Kun akun kulutus oletetaan 0,2 kWh/km, akun teho on noin 4 kWh. Latausajan tulisi olla alle tunnin. (2),(15),(16)

Kuvan 19 kolmivaiheinen pistorasia 400 Vac 16 A suoriutuu tehtävästä noin 40 minuutissa ja 400 Vac 32 A pistorasia 20 minuutissa. Lataukseen pitää käyttää auton omaa latauskaapelia. Sen auton puoleisen pään latauspistoke pitää olla Type 1 SAE J1772 eli Yazaki. Se esimerkiksi varmistaa koukulla pistokekytkimen pysymisen kiinni autossa. (2),(15),(16)



*Kuva 19: Suomalainen kolmivaiheinen pistorasia ja Type 1 SAE J1772 latauspistoke (www.wikipedia).*

Sähköauton akun energiamäärä on 10...30 kWh. Sen hidas lataus saa ottaa pistorasiasta tehoa enintään 3,7 kW. Jos sen kytkee 400 Vac 10 A kolmivaiheiseen pistorasiaan, latausaika on 3...8 tuntia. Se ehtii kuitenkin helposti lataamaan tyhjän akun täyteen yön aikana ja yösähkönkin aikana. Laturin pitää itse rajoittaa pistorasiasta ottamansa virta sulakkeen 10 A suuruuteen. (2),(15),(16)

### *Keskinopea AC-lataus pistorasiasta*

Sähköauton akun keskinopea AC-lataus tarkoittaa 3,7...22 kW teholla lataamista yksivaiheisesta pistorasiasta tai kolmivaiheisesta pistorasiasta. Latauskaapelissa pitää aina olla suojamaadoitus ja vikavirtasuoja. Akun toimintamatkaksi luokitellaan tässä 20...110 km. Jos auto kuluttaa tehoa 0,2 kWh/km, akun energiamäärä olisi 4...22 kWh. Latausajan tulisi jäädä muutamaan tuntiin. (2),(15),(16)

Yksivaiheinen pistorasia:

Periaatteessa, 10 A pistorasia lataa 4...22 kWh akun 2...10 tunnissa. Laturin pitää itse rajoittaa latausvirta pistorasian 10 A sulakkeen suuruuteen. (2),(15),(16)

Pistorasia 16 A tai 20 A virralla lataisi akun 1...6 tai 1...5 tunnissa. Suomessa sitä ei kuitenkaan suositella käytettävän, vaan latausvirta suositellaan rajoitettavan alemmalle 10 A tasolle. (2),(15),(16)

Kolmivaiheinen pistorasia:

Suomalainen kotitalouden kolmivaiheinen maadoitettu pistorasia on 400 Vac jännitteellä ja 16 A, 32 A tai 63 A virralla. Siinä on nykyään aina myös suojamaadoitus ja vuotovirtasuoja. Pistorasiaa voi silloin käyttää sähköauton akkulaturin tilapäiseen ja rajoitettuun syöttämiseen. Latauksessa pitää käyttää ajoneuvon valmistajan hyväksymää Type 2 latauskaapelia. Latauskaapeli voi olla myös kiinteästi eli ilman pistorasiaa kytketty latauspisteessä verkkoon. (2),(15),(16)

Latausjärjestelmä valitsee latausvirran automaattisesti, ja rajoittaa virran siihen arvoon (2),(15),(16). Suomessa latausvirta suositellaan olevan puolet pistorasian mitoitusarvosta. Sähköauton 4...22 kWh akun lataaminen tyhjästä täyteen suomalaisesta voimavirtarasiasta vie silloin aikaa 1...7 tuntia, 0,7...3,5 tuntia tai 0,5...1,7 tuntia. Laturin pitää itse rajoittaa latausvirta pistorasian sulakkeen suuruuteen.



*Kuva 20: Type 2 pistorasia, pistoke, pistokeliitin ja pistokekytkin ja 3-vaiheiseen lataukseen*

### *Nopea AC-lataus pistorasiasta*

Sähköauton akun nopea AC-lataus tarkoittaa yli 22 kW teholla lataamista yksivaiheisesta pistorasiasta tai kolmivaiheisesta pistorasiasta. Akun toimintamatkaksi on luokiteltu yli 110 km, jos auto kuluttaa akkua 0,2 kWh/km.

Latausajan pitäisi olla muutaman minuutin luokkaa. Akun kyky vastaanottaa lataus, eli C-arvo, voi kuitenkin pidentää latausaikaa. (15),(16)

Sähköauton akun nopea AC-lataus edellyttää erityisen sähköautopistorasian asentamista.

Latauskaapeli voi olla myös kiinteästi eli ilman pistorasiaa kytketty latauspisteessä verkkoon. Vaihtoehtoisesti voi asentaa erityisen latausaseman kiinteästi sähköverkkoon kytkettynä. Sähköautopistorasia voi toimia sekä yksivaiheisena että kolmivaiheisena. (15),(16)

Nopea AC-lataus tuntee sähkönjakeluverkossa käytettävät uudet mittaus- ja laskutusmenetelmät. (SAE J1772 and IEC 62196). Ne mahdollistavat sähköisen kaupan keinoin sähkön ostamisen verkosta ja myös sähkön myymisen verkkoon. (15),(16)

Yksivaiheinen pistorasia:

Suomalainen yksivaiheinen pistorasia antaa 230Vac jännitettä ja maksimissaan 63 A virtaa. Laturi voi ottaa siitä lataamiseen joko 16 A, 32 A tai 63 A. Auton latausjärjestelmä tekee virtavalinnan automaattisesti ja rajoittaa virran siihen arvoon. (15),(16)

Sähköauton 22 kWh akun lataaminen näillä virta-arvoilla veisi aikaa 6 t, 3 t, 1,5 t. Yksivaiheinen pistorasia, autosähköpistorasiana käytettynä, ei siis ole kovin nopea lataamaan yli 22 kWh akkuja. Laturin pitää itse rajoittaa latausvirta pistorasian 10 A sulakkeen suuruuteen.

Latauskaapelin pistokytkin sama Type 2 pistoke, kuin edellä keskinopeassa latausmenetelmässä kolmivaiheisesta pistorasiasta. Siinä on myös IEC 61851-1 ohjauksen ja signaloinnin kytkentänastoilla. (15),(16), (31)

Kolmivaiheinen pistorasia:

Suomalainen kolmivaiheinen pistorasia antaa 400 Vac jännitettä ja 63 A virtaa. Latausvirran voi säätää 16 A, 32 A tai 63 A arvoon. Auton latausjärjestelmä tekee virtavalinnan automaattisesti ja rajoittaa virran siihen arvoon. (15),(16)

Sähköauton 22 kWh akun lataaminen näillä virta-arvoilla veisi aikaa 3,5 t, 1,7 t tai 0,8 t. Kolmivaiheinen voimavirta, autosähköpistorasiana käytettynä, ei siis ole kovin nopea lataamaan yli 22 kWh akkuja.

Johdon pistokytkin on IEC 61851-1 ohjauksen ja signaloinnin kytkentänastoilla. Se on sama Type 2 pistoke, kuin edellä keskinopeassa latausmenetelmässä kolmivaiheisesta pistorasiasta. (15),(16),(31)

Uusia tehokkaampia pistorasioita?

AC-pikalataukseen on esitetty myös 400 Vac 110 A kolmivaiheista latausasemaa. Se lyhentäisi latausajan puoleen tuntiin. Se ei ole mukana suomalaisessa suosituksessa. (15),(16)

*Oma AC-latausasema autokatoksessa tai autotallissa*

Kiinteästi verkkoon kytketty AC-latausasema, kiinteä latauskaapeli:

On mahdollista myös hankkia sähköauton esimerkiksi joku kuvan 21 latausjärjestelmistä autotalliin tai -katokseen. Se kytketään kiinteästi voimapistorasiaa vastaavasti sähköverkkoon, eli se on maadoitettu ja vikavirtasuojattu kolmivaiheinen 480 Vac 16 A tai 32 A. Usealla valmistajalla onkin jo tarjolla kotikäyttöön sopivia latausjärjestelmiä:

- Fortumilla on latausasema, jonka voi kotitaloudessa asentaa esimerkiksi autotalliin, autokatokseen tai pihalle.. Siinä on kiinteä latauskaapeli nopeaan AC-lataukseen. Langattomalla etätunnistimella (RFID) voi estää latausaseman luvattoman käytön.
- Ensto valmistaa kompaktia, seinään asennettavaa Chago -latausasema (4)
- Schneider Electric valmistaa 240Vac / 30A AC-latausjärjestelmää sisätiloihin (14,15,29)





Kuva 21: Schneiderin, Enston ja Fortumin latausasemia

Latausaseman hankinta kotiin on edullisinta rakennusvaiheessa tai remontin yhteydessä, ja silloin sen hankintaa puoltavat monet muutkin seikat:

- Latausjärjestelmässä on kaikki tarvittavat suojalaitteet ja toiminnot.
- Latauskaapeli on helppo käsitellä, koska siinä ei ole erityistä suojalaitteyksikköä.
- Latausasema kommunikoi auton ja verkon kanssa: Latausjärjestelmä valitsee ajoneuvolle sopivan lataustavan. Ajoneuvo ottaa virtaa sähköverkosta vain sen verran kuin sitä on saatavilla. Latausasema lopettaa latauksen, kun akku on täysi.
- Käyttäjä voi seurata ja ohjata latausjärjestelmän toimintaa omalla päätelaitteellaan.
- Latausjärjestelmä voi myös päivällä myydä akusta sähköä verkkoon ja latautua yöllä. Tällainen sähkön välivarastointi tasoittaa sähköverkon kuormitusta. Ja tietysti pienentää sähköauton kustannuksia. (14),(17),(29)

Latausaseman saa asentaa vain sähköalan ammattilainen: Se kytketään suoraan talon sähkökeskukseen omalla lähdöllään, johon ei muita laitteita kytketä. Kaapeli asennetaan omaan putkeensa ja käytetään erillisiä nolla- ja suojamaajohtimia. Virtapiiri mitoitetetaan pitkäaikaiseen suureen kuormitukseen – esimerkiksi 32 A latausvirtaa varten kytkentä mitoitetetaan 64 A:lle. Omaan putkeen vetäminen mahdollistaa uusien johtojen vetämisen joskus tulevaisuudessa. Latausasemat voivat tulevaisuudessa saada uusia toimintoja ja saattavat liittyä uudella tavalla sähköverkkoon. (2),(14)

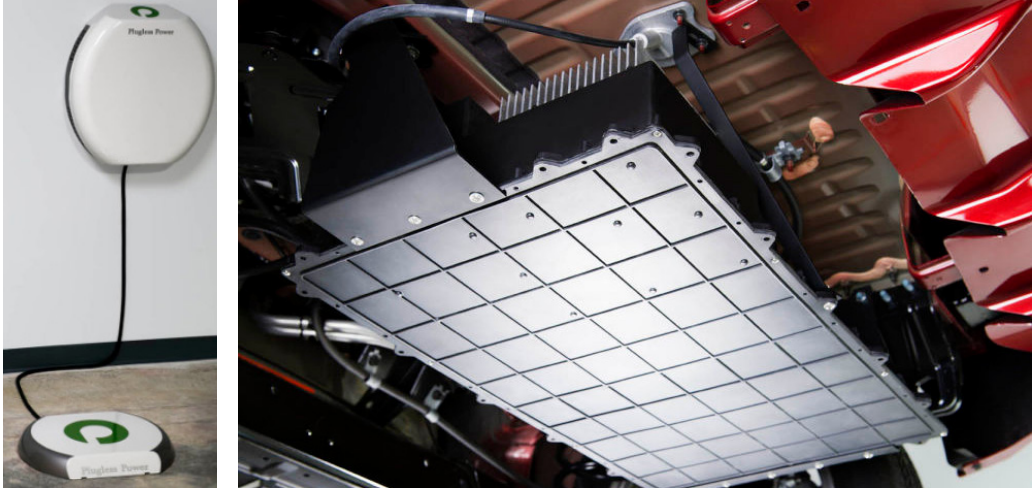
Kiinteästi verkkoon kytketty langaton AC-latausasema:

Langaton AC-lataus tarkoittaa sitä, että latauskaapeli korvataan magneettikentällä. Latausasema muuntaa sähköverkosta ottamansa 50 Hz:n energian 20 kHz:n taajuudelle. Se muodostaa lataustyynyn yläpuolelle magneettikentän, ja energia siirtyy auton pohjassa olevaan vastaanotimen kautta laturiin. Kuvan 22 esittämä lataustyyny voisi olla autorallin lattialla ja vastaanotin auton pohjassa. Niiden välinen ilmaväli voi olla noin 8-40 cm. (2)

Langaton AC-lataus lataa akun noin viidessä tunnissa. Menetelmän voi siis lukea hitaan AC-latauksen vaihtoehdoksi. Menetelmä on kehitteillä projektina IEC 61980 ja tuloksia on odotettavissa 2015. (2)



Langatonta latausta meidän pitänee odottaa pari vuotta, mutta se helpottaa kotilatausta paljon. Auto tarvitsee vain ajaa lataustyynyn päälle, ja kytkeä autosta lataus päälle. Latausaseman ja auton välinen kommunikointi tapahtuu lataustyynyn kautta. (2)



Kuva 22: Langaton latausasema ja laturin vastaanotin auton pohjassa (ev.sae.org)

### 5.3. Sähköauton lataaminen latauspalvelusta

Sähköauto tarvitsee latauspalveluita huoltoasemille, ostoskeskuksiin ja asuntoyhtiöiden ja yritysten pysäköintitiloihin. Osa niistä on julkisia palveluita ja osa suljetulle käyttäjäryhmälle. Molempiin liittyy lataajan tunnistaminen ja latauksen maksaminen.

Latauspalvelu jakautuu hitaaseen tai nopeaan AC-lataukseen ja DC-pikalataukseen. Hitaaseen AC-lataukseen voivat tyytyä asunto-osaakeyhtiöt.

DC-pikalatauksen kehitti japanilaisen autoteollisuuden yhdistys CHAdeMO (CHARGE de MOVE). Latausasema on kiinteästi sähköverkkoon kytketty. Se sisältää laturin ja lataa akun tasavirralla. Latauskaapelin ja sen liitin on määritelty JARI DC -suositukseen. Latausjännite on enintään 500 Vdc ja latausvirta 125 A. Se lataa 22 kWh akun noin 20 minuutissa. (2),(29)

CHAdeMO -pikalatausta käytetään paljon esimerkiksi Japanissa ja Virossa. Seuraavat autovalmistajat ovat jonkin verran soveltaneet DC-latausta: Nissan LEAF, Mitsubishi i MiEV, Citroën C-ZERO, Peugeot iOn ja Fiat 500e. (15),(16),(31)

Latauspalvelu ja kotilataaminen eivät ole toistensa vaihtoehtoja. Siksi on kehitteillä erilaisia yhdistettyjä latauskaapeleita ja niiden liittimiä. Niillä voi tehdä DC-pikalatauksen esimerkiksi ostoskeskuksesta ja että hitaan tai nopean AC-latauksen kotona. Combo, Combo2 ja Chameleon ovat tunnetuimpia esityksiä. Vaihtoehtona on

#### *Latausasemien valmistajia*

Suomessa on tällä hetkellä seuraavia latausasemia nopeaan lataukseen:

- ABB:
  - o DC-pikalataus:
    - Terra 51: 50kW, CHAdeMO
  - o DC/AC-latauskaapeli Combo:
    - Terra 52: CHAdeMO 50kW ja Type2Mode2AC 22kW / 44kW
  - o DC/AC-lataus CCS (Combined Charging System) Combo:
    - Terra 53C: CHAdeMO 50kW / Type2Mode3AC 22 kW, vain CCS
    - Terra 53 CJ: CHAdeMO 50kW / Type2Mode3AC 22 kW, CCS ja CHAdeMO
    - Terra 53 CJG: CHAdeMO 50kW / Type2Mode3AC 22 kW, CCS, CHAdeMO, AC
  
- Ensto
  - o AC-lataus 240V 16A
  - o AC-lataus 400 V 32 A
  
- Finn Electric: Circutor
  - o AC-lataus:
    - RVE2-PT3: 230V 16A tai 400V 16/32A
    - RVE2-PMS: 230V 16A tai 400V 16/32A
  - o DC-lataus:
    - RVE-QP1: RVE-QP2; CHAdeMO, 50kW
  - o DC/AC-lataus:
    - RVE-QP-MIS: CHAdeMO, 50kW
  
- GARO
  - o QC20-latauskioski, QC50-latausasema
    - DC-pikalataus: CHAdeMO, 50kW
    - AC-lataus: Type 2Mode 3 AC, 20kW
    - DC/AC-lataus: Combo T2, 20 kW / 50 kW
  
- Renault Chameleon Charger (markkinoille pian tuleva AC-latausasema).
  - o Sähköautossa on vain yksi latausliitin akun lataukseen ja vain yksi laturi.
  - o Sitä voi syöttää saman latauskaapelin ja latauspistokkeen kautta kaikista pistorasioista alkaen yksivaiheisesta 230 Vac 10 A aina kolmivaiheiseen voimavirtaan 400 Vac 63 A (43 kW).

Kuten kuvasta 23 näkee, latausasemat ovat huoltoaseman polttoainepumpun näköisiä. Tällä hetkellä pieni ongelma on, sopiiko autossa oleva latausliitin latauskaapelin latauspistokkeeseen mekaanisesti, ja löytävätkö ne yhteisen tavan ladata akkua, sekä kuinka asiakas maksaa latauksen.



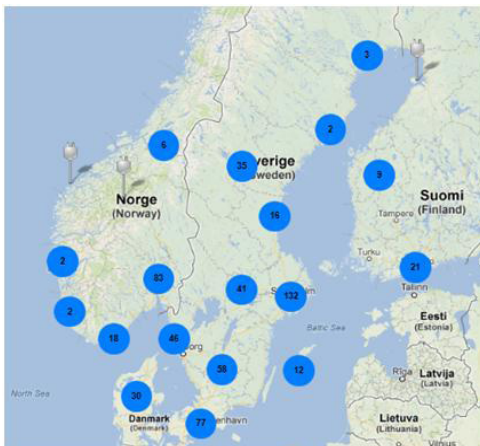
Kuva 23: ABB Terra 53 C1G DC/AC-latausasema, Renaultin Chameleon ja Fortumin ChaDeMola-latausasema

#### Latausverkostoja julkisina palveluina

Latausverkostoja ja latausasemia perustetaan Suomeen ajan myötä lisää. EU:n meille asettama tavoite on 7000 julkista latausasemaa ja 64000 yksityistä latausasemaa. (6)

Fortumilla on kuvan 24 sähköautojen latausasemien verkosto Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Sinisen pallon numero ilmaisee latausasemien lukumäärän paikkakunnalla. (32)

Suomessa Fortum ja sen yhteistyökumppanit rakentavat pikalatausasemia valtateiden varalle niin, että sähköautolla voi ajaa Helsingistä Turkuun, Tampereelle, Lahteen ja Kotkaan. (15),(16),(30)



Kuva 24: Fortumin latausasemien verkosto

Myös Pohjois-Suomessa on alulla melko hyvän kokoinen latausasemien verkosto:

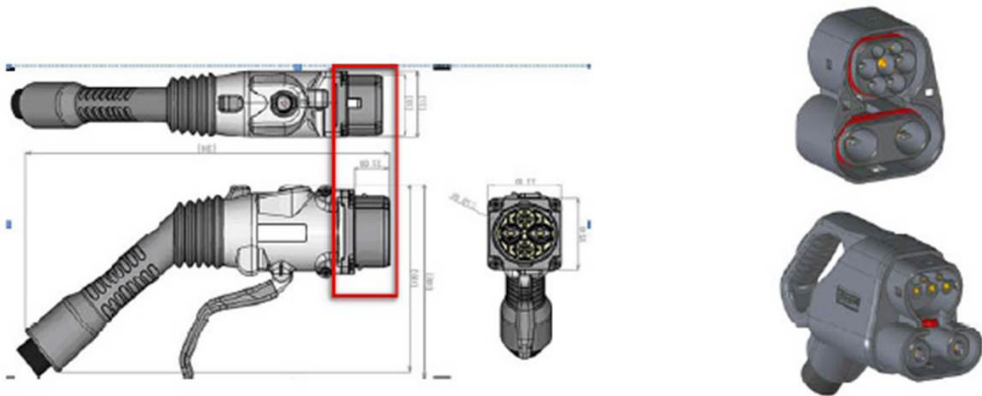
- Oulu:
  - o Ostokeskus Stockmann, neljä 230V 16 A hidasta AC-latausasemaa
  - o Pörhön Autoliike, yksi 400V 32A nopea AC-latausasema
  - o Oulun lentokenttä, kahdeksan 230V 16 A hidasta AC-latausasemaa
  - o Parkkipaikka Pilot Business Park, yksi 230V 16 A hidas AC-latausasema
  - o Pörhö Nissan-Peugeot-Seat keskus, yksi 400 V 32A nopea AC-latauspiste
  - o VTT konttori Linnanmaalla, yksi 230 V 32A hidas AC-latauspiste
  - o Kontinkangas parkkihalli, kolme 230V 16A hidasta AC-latauspistettä
  - o Oulun Energian toimitalon parkkipaikka, yksi 230V 16A hidas AC-latauspiste,
- Ylivieska
  - o Herrfors; yksi 230 V 32A hidas AC-latauspiste
  - o Kärkkäisen ostoskeskus, yksi hidas AC-latausasema
- Kurikka
  - o Kurikan tori
  - o Hotelli Pitkä-Jussi
- Jurva
  - o Sisustuskeskus Sella
- Ilmajoki:
  - o Seinäjoen lentokenttä,
- Seinäjoki:
  - o Seinäjoen matkakeskus

#### *Yhdistetty kotilatauksen ja latauspalvelun liitin*

Kuvassa 23 ABB Terra -latausasemassa edellä oli erilliset latauskaapelit AC-lataukseen ja DC-lataukseen. Asiakas näkee sen ehkä turhana. Yhteen latausasemaan ja autoon pitäisi riittää yksi latauskaapeli. Siinä voi kyllä olla kaksi erilaista liitintä tai useampikin samassa pistokkeessa. Auton ja latausaseman pitää silloin automaattisesti osata valita oikea liitin latausta varten. Asiakkaalla pitää olla myös mahdollisuus valita lataustapa.

COMBO (Combined Charging System) kuvassa 25 on länsimaisen autoteollisuuden (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche ja Volkswagen) ehdotus maailmanlaajuisesti käytettäväksi standardiksi. Se toteuttaa sekä CHAdeMO DC-pikalatauksen että nopean AC-latauksen samalla pistokytkimellä. Combo on testattavana standardiksi hyväksyntää varten. (2)

Combon kaksi alinta kytkentänastaa on mitoitettu 200 A DC-latausvirralle. Ylempi pistoke on nopealle AC-lataukselle. Auto ja latausasema kommunikoivat HomePlug GreenPHY protokollalla.(2)



*Kuva 25: Type 4 CHAdeMO pistoke ja pistokytkin vasemmalla ja Combo -pistoke ja -pistokytkin oikealla*

COMBO<sub>2</sub> kuvassa 26 on COMBO:n pohjalta tehty esitys hitaan AC-latauksen ja DC-pikalatauksen yhdistämiseksi samaan pistokytkimeen. Alimmaisiet kaksi kytkentänastaa ovat tarkoitettuja CHAdeMO DC-pikalataukseen. Ne ovat samanlaiset, kuin edellä COMBO-liittimessä. Ylemmät kolme kytkentänastaa ovat tarkoitettuja hitaaseen AC-lataukseen.

Myös COMBO<sub>2</sub> latausjärjestelmä tunnistaa ja valitsee AC- tai DC-latausmenetelmän. Se myös valvoo latausta ja sen turvallisuutta. COMBO<sub>2</sub> sisältää latauksen laskutuksen.



*Kuva 26: Combo<sub>2</sub> latauspistoke vasemmalla, Chameleon pistokeliitin autossa ja pistorasia latausasemassa.*

COMBO<sub>2</sub> latausjärjestelmä tunnistaa ja valitsee AC- tai DC-latausmenetelmän. Se myös valvoo latausta ja sen turvallisuutta. COMBO<sub>2</sub> sisältää latauksen laskutuksen.

Kuvassa 26 keskellä on myös Renaultin Chameleon –latausjärjestelmästä auton latausliitin, johon latauskaapelin voi kytkeä. Oikealla on pistorasia, johon latauskaapelin toisessa päässä olevan pistokkeen voi liittää.

#### *Akun pikavaihto julkisena palveluna*

Tanskassa on kehitetty esimerkiksi huoltoasemien verkostoa, joka vaihtaisi sähköauton tyhjentyneen akun tilalle täyden akun. Laajamittaisesti käyttöönotettuna se vastaisi nykyistä nes-

tekaasupullojen vaihtopalvelua. Akun vaihtaminen voisi tapahtua pesuautomaatin kaltaisesti lähes automaattisesti toimivalla linjalla.

Huoltoaseman kannalta ongelma on vaihtoakkujen suuri koko ja hinta. Niiden lukumääräkin tulisi olla aika suuri, jotta ne ehdittäisiin ladata seuraavalle asiakkaalle. Esimerkiksi, jos huoltoasema aikoo vaihtaa sata akkua tunnissa, ja akun lataaminen veisi aikaa tunnin, se tarvitsisi 99 vaihtoakkaa reserviin.

Vaihtoakkujen vaihto sitoisi ilmeisesti huomattavia määriä pääomaa. Automaattinen vaihto toimisi vain, jos akku olisi standardoitu mitoiltaan ja kapasiteetiltaan. Ehkä siksi se ei ole saanut Suomessa toistaiseksi jalansijaa.

#### 5.4. Sähköinen asiointi

Latauspalvelun toteuttamiseksi asiakkaan, latausaseman ja ladattavan auton pitää kommunikoida keskenään. Latauspalvelu puolestaan voi olla sellainen, että se sallii kenen tahansa ladata autonsa, kunhan hän vain pystyy maksamaan latauksen. Latauspalvelu voi myös olla sellainen, että se antaa palvelun vain ennalta määrätyle joukolle asiakkaita.

Lataaja käyttää latausaseman palveluita sen käyttöliitynnällä. Se voi käsittää esimerkiksi näppäimistön ja näytön, luottokortin lukijan t ja lähitunnistekortin lukijan.

Asiakas aloittaa latauksen tunnistamalla henkilöllisyytensä latauspalvelulle. Latauskaapelin kautta siirtyy informaatiota asiakkaan ja latauspalvelun välisestä sopimuksesta, latauksen maantieteellisestä käytettävyydestä, ajoneuvosta sekä sen lataustilanteesta.

Tunnistamisen jälkeen latauksen maksamiseen on useita tapoja:

- Maksu voi edellyttää latausaseman kautta yhteyden palvelun ylläpitäjään – vastaavaan tapaan kuin nykyään huoltoasemien bensa-pumpuilla.
- Latausmaksun voi sisällyttää pysäköintipaikan maksuun.
- Latausmaksun voi maksaa kotitalouden muun sähkölaskun mukana.

Latausmaksun mittaaminen ja laskuttaminen voivat olla eri toimijoiden palveluita. Palvelu jakaminen pienempiin kokonaisuuksiin voi ehkä luoda parempia liiketoimintamalleja ja nopeuttaa kehitystä.

Tunnistamisen ja maksamisen jälkeen latausasema avaa latauskaapelin suojakannen ja sallii latauskaapelin kytkemisen autoon.

AC-, DC- ja AC/DC-pikalatauksen yhteydessä latausasema ilmoittaa autolle suurimman saataavissa olevan jännitteen ja virran. Auto voi sitten valita lataustavan ja rajoittaa latausasemasta ottamansa lataustehon tason sopivaksi. Latausasema koodaa sanomansa esimerkiksi pulssinleveysmodulaatiolla (PWM) ja lähettää sen latauskaapelin kautta autoon.

Lähitulevaisuudessa uudet autot liittyvät mobiililla yhteydellä Internetiin. Esimerkiksi navigaattori ja onnettomuuden sattuessa automaattisesti hätäkeskukseen soittava eCall-palvelu, ajoneuvojen välinen kommunikointi sekä auton ja valmistajan välinen kommunikointi tarvitsevat sitä. Myös sähköautojen latauspalvelu siirtyy jossain vaiheessa käyttämään nykyistä enemmän Internet-yhteyksiä:

- Kaikki Suomessa käytettävissä olevat julkiset latausasemat kootaan paikkatietona verkkoon



Sieltä saa navigaattoriin latausaseman katuosoitteen tai koordinaatit. (1),(9)

- Latausasema ja auto kommunikoivat keskenään lataustavasta ja latauksen määrästä. Se on edelleen yhdistetty maksutapahtumaan. Esimerkiksi Fortumin latausasemalla latauksen alussa asiakas lähettää tekstiviestin latauksen aloittamiseksi ja itsensä tunnistamiseksi. Halutessaan latauksen loppuvan, asiakas lähettää latauksen lopetusviestin. Lataus loppuu ja lasku tulee aikanaan maksettavaksi. (7,11) Tällaista maksutapaa voi harjoitella vaikka Oulun kauppatorin pysäköintipaikalla parkkimaksun maksamiseen.

## 6. Huoltopalveluiden rakentaminen

### 6.1. Onko sähköauto turvallinen

Sähköautojen turvallisuus testataan Euro NCAP –turvallisuustesteissä normaaliin tapaan. Testituloksia tulee koko ajan lisää, kuten autojakin. Tulokset ovat julkisia ja niitä voi katsella osoitteesta [http://www.euroncap.com/small\\_family\\_car.aspx](http://www.euroncap.com/small_family_car.aspx).

Taulukkoon 3 etsimme kirjoitushetkellä testattujen autojen tulokset. Testissä on arvioitu sisällä matkustavan aikuisen ja lapsen sekä autoon törmäävän jalankulkijan turvallisuutta. Lisäksi on arvioitu turvallisuutta lisääviä järjestelmiä, joita autoon on rakennettu. Asteikko on 0...100 %.

Euro NCAP testattu auto:	Tähtiä	Aikuisen	Lapsi	Jalan-kulkija	Safety assist	Perinteisen mallin tähdet
Toyota Prius, PHEV	5	88 %	82 %	68 %	86 %	5
Volvo V60 Plug-in Hybrid	5	93 %	83 %	65 %	100 %	5
Mitsubishi Outlander PHEV						4
Opel Ampera, PHEV	5	85 %	78 %	41 %	86 %	
Fisker Karma, PHEV						Ei testattu.
Mercedes-Benz Vito E-Cell, EV						Ei testattu.
Peugeot iOn, EV	4	73 %	78 %	48 %	86 %	
Citroën C-ZERO, EV	4	73 %	78 %	48 %	86 %	
Volkswagen e-up, EV						Ei testattu.
Mitsubishi i-MiEV, EV	4	73 %	78 %	48 %	71 %	
Peugeot Partner Van EV						Ei testattu.
Nissan Leaf, EV	5	89 %	83 %	65 %	84 %	
Renault ZOE, EV	5	89 %	80 %	66 %	85 %	
<b>Euro NCAP -palkittuja autoja vuoden 2012 ja 2013 aikana vertailun vuoksi:</b>						
Scoda Octavia	5	93 %	86 %	82 %	66 %	2013
Audi A3	5	95 %	87 %	74 %	86 %	2012
Volkswagen Golf	5	94 %	89 %	65 %	71 %	2012
Ford Transit Custom	5	84 %	90 %	48 %	71 %	2012
Seat Leon	5	94 %	92 %	70 %	71 %	2012

Taulukko 4: Sähköautojen menestyminen Euro NCAP -testauksessa.

Tulosten arvioimiseksi etsimme taulukkoon myös Euro NCAP –testeissä eri syistä palkittuja autoja vuosien 2012 ja 2013 aikana. Lisäksi etsimme vastaavan polttomoottoriversion saamat tulokset, jos niitä oli selvästi saatavana.

Vertailun perusteella voi sanoa sähköauton olevan yhtä turvallinen kuin perinteinen auto. Seu-

raavassa kuitenkin pari uutta näkökulmaa, joita akku ja sähkömoottori tuovat auton turvallisuudelle.

## 6.2. Sähköauton käsittely poikkeustilanteissa

Hinaaminen:

Sähköautokin voi jäädä vian vuoksi tien päälle. Ennen hinaamista kannattaa lukea tarkoin valmistajan ohjeistus. Hinaaminen etupää tai takapää alhaalla pyörittää renkaiden kautta sähkömoottoria. Se puolestaan voi kehittää suuren jännitteen auton johtoihin. Jos niissä on jotain vikaa, seurauksena voi olla oikosulku ja tulipalo. Siksi sähköauton tai hybridi-auton turvallisin kuljetustapa korjaamolle on lava. (10)

Huolto:

Suomessa on jo sähköautojen huoltamiseen ja korjaamiseen verkosto. Niiden henkilökunta on koulutettu sähköautojen huoltoon. Lähemmin siihen voi tutustua erillisessä WintEVE -raportissa. (32), (33),(34)

Akun turvallisuus:

Kovassa onnettomuudessa sähköauton akkuun, kuten polttomoottoriauton polttoainesäiliöönkin, liittyy esimerkiksi tulipalon vaara:

Sähköauton akku on yleensä auton pohjarakenteisiin tai taakse tavaratilan alaosaan. Eri autoissa on käytetty erilaisia ratkaisuja: Esimerkiksi kuva 27 havainnollistaa, kuinka Nissan Leaf -auton litium-ioniakku on toteutettu kennoina. Kennot ovat kytketyt toisiinsa ja muodostavat akun. Koko akku on vielä metallikuoren suojaama. Akun kotelo on kiinnitetty lujasti auton runkoon. (10)



Kuva 27: Nissan Leaf akku ([www.nissan.fi](http://www.nissan.fi))



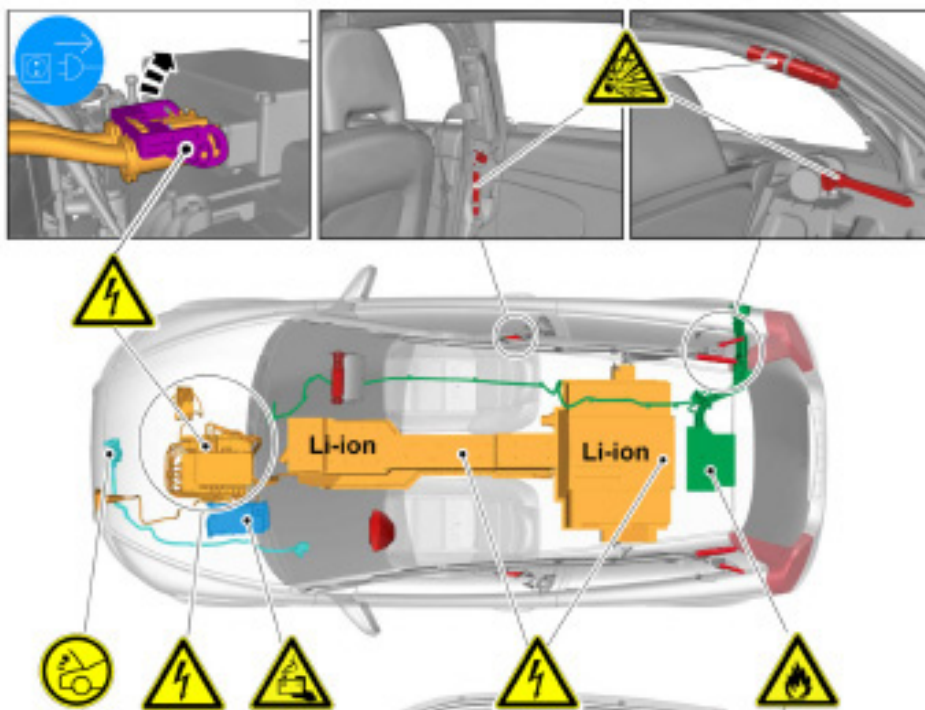
Sähköauto suunnitellaan niin, että ilmatyynyn laukeaminen tai muu selvä osoitus onnettomuudesta katkaisee akun syötön autosta (2). Pelastushenkilökunta voi kytkeä akun irti myös manuaalisesti, ja se on jo nyt opetettu tehtäväksi pelastustilanteessa ensimmäisenä. Onnettomuuden jälkeen akku on siten ainoa korkeajännitteinen osa sähköautossa – viimeistään muutaman minuutin kuluttua. (10)

Matkustajien ja pelastushenkilöiden turvallisuuden vuoksi sähköautoissa on kuvan 28 kaltaisesti merkintä, että auto on sähköauto ja siinä on korkeajännitteinen akku. Lisäksi on merkintä siitä, voiko akun poistaa kokonaan tai kuinka sen voi kytkeä irti muusta autosta. (10)



Kuva 28: Sähköauton akusta varoitettava kilpi

Kaikki korkeajännitteiset osat autossa on kuvan 29 tapaan merkitty varoituskolmiolla. Kaikki koteloihottomat korkeajännitteiset johdot ovat oranssin värisiä. Pelastushenkilökunnalle on jo opetettu, että niissä voi olla muutaman minuutin ajan jännitettä akun irrotuksen jälkeen.



Kuva 29: Korkeajännitteisten osien merkintä sähköautossa.

## 7. Sähköautojen ja akkujen kierrätys

Suomessa romutetaan nykyään 100000...140000 autoa ja 80 % niiden materiaaleista kierrätetään. EU:n vaatimus on kasvattaa kierrätys 95 % tasolle vuoteen 2015 mennessä. Suomessa autojen valmistajat / maahantuojat järjestävät ja kustantavat kierrätyksen yhteistyönä Suomen autokierrätys Oy:n puitteissa. Autopurkamot eri puolilla Suomea ovat sen yhteistyökumppaneita. Ne toteuttavat tuottajayhteisönä vastaanottopisteiden verkoston.

Kierrätysvaatimus koskee myös sähköautoja: Sähköauton akun tulee siksi heti alusta lähtien olla osa normaalia purkamoin toimintaa ja kierrätystä. Litium on arvokas metalli, ja sen kierrätys pienentää akun valmistuskustannuksia. (1)

Akkujen purkaminen:

Sähköautoja arvioidaan olevan Suomessa vuonna 2020 noin 35.000 ja vuonna 2030 noin 900.000. Arvio on minimi- ja maksimiarvioiden välille sijoittuva perusarvio Sähköautokannasta arvioidaan 8 % poistuvan käytöstä vuosittain. (6),(13) Joissakin autoissa akku kestää koko käyttöajan, joissakin akun voi joutua vaihtamaan kaksi kertaa. Oletimme, että akku vaihdetaan keskimäärin kerran auton käyttöiän aikana (1). Kuvaan 30 laskimme vuosittain käytöstä poistuvien autojen ja akkujen lukumäärän.



Kuva 30: Suomessa kierrätettävien akkujen lukumäärä

Lyijyakuista kierrätetään Suomessa nykyään lähes 100 %. Pohjois-Pohjanmaalla on lukuisia autojen purkamoja ja akkujen purkamo ainakin Oulaisissa. Niiden keräysverkoston voi kehittää myös litiumakuille sopivaksi. Nykyisen litium-ioni-akun materiaaleista kierrätetään noin 50 % ja vuonna 2015 se tulisi siis kasvattaa 95 % tasolle. Litiumin tehokas kierrätys pienentää akun valmistuskustannuksia ja hiilijalanjälkeä. (1)

Akkujen keräämistä ajateltaessa kannattaa huomioida akun paino. Jos akku painaisi keskimäärin 100 kg, vuonna 2020 akkuja kerättäisiin 3500 tonnia eli 175 kuorma-autollista. Kuorma-auton kantavuudeksi oletimme tässä 20 tonnia, jolloin siihen mahtuisi 200 akkua.

Vuonna 2030 määräksi voisi arvioida 45000 tonnia, jos akun keskimääräinen paino puoliintuisi vuoteen 2020 mennessä. Se tekisi 2250 kuorma-autollista, jos niiden kuormakantavuus säilyy 20 tonnin tasolla.

Sähköauton akussa voi olla jäljellä kohtalaisen kova jännite, kun se tuodaan purkamolle ja kun sitä aletaan siellä purkaa. Purkamolla akku tulee aluksi tehdä jännitteettömäksi. Sen jälkeen sen voi hajottaa kennoiksi. Lopuksi kennot voi murskata, erottaa materiaalit toisistaan ja kerätä ne uudelleenkäyttöä varten.

Akkua ja kennoja käsiteltäessä pitää varautua akun mahdolliseen vuotamiseen sekä oikosulkuihin. Akkujen murskauksessa voi muodostua syttyviä kaasuja. Niiden poistaminen prosessista vaatii järjestelyjä. Siksi akkujen purkaminen pitää tehdä siihen tarkoitukseen tehdyissä akkupurkamoissa.

On kuitenkin esitetty, että käytöstä poistettavien sähköautojen akkuja ei tulisi kaikkia saman tein purkaa ja murskata kierrätykseen (1). Osa akuista voisi olla korjattavissa ja palautettavissa takaisin joko alkuperäiseen tai johonkin uuteen käyttöön. Jatkamme pohdiskelua siihen suuntaan, että puolet edellä esitetyistä akuista palautettaisiin käyttöön ja puolet palaisi raaka-ainneiden kierrätykseen.

## **8. Akkujen uusi käyttö ja uusiokäyttö**

CECC suosittelee sähköauton akun suunniteltavan ja rakennettavan EU:ssa siten, että osia voi poistaa ja vaihtaa akusta rikkomatta sitä. Akku tulisi siis olla korjattavissa esimerkiksi vaihtamalla kennoja tai korjaamalla tasauspiirien komponentteja. Käytetyille akuille tulisi kehittää uusia käyttökohteita esimerkiksi sähköverkon yhteydestä. (2)

CECC suosittelee myös sähköverkkoon kehitettäväksi liikkuva liittymä ja siihen mittaus ja lasutusperiaatteet. Mahdollisimman suuri osa tarvittavasta järjestelmästä tulisi sijoittaa sähköautoon. Sähköverkon ja auton välille tulisi kehittää tietoliikenneprotokolla, joka mahdollistaa sähköenergian ostamisen ja myymisen. (2)

Sähkön myyminen akusta takaisin verkkoon:

Pohjois-Pohjanmaalla arvioimme olevan noin 3000 sähköautoa vuonna 2020. Jos akun keskimääräinen koko on 20 kWh, niiden yhteinen varausmäärä olisi 60 MWh. Vuoteen 2030 se kasvaisi tasolle 1,5 GWh. Näitä lukuja voi verrata esimerkiksi Oulun Toppila 1 ja Toppila 2 voimalaitoksien yhteenlaskettuun tehoon 580 MW.

Periaatteessa olisi mahdollista hyödyntää osaa käytössä olevista sähköautoista hajautettuna sähköenergian puskurina. Ne vastaanottaisivat voimalaitosten sähköenergiaa matalan kuormituksen aikana ja syöttäisivät sen verkkoon takaisin huippukuormituksen aikana.

Tarvittavan infrastruktuurin kehittäminen vaatii standardoituja ratkaisuja ja kehitystyön vetäjiksi sähköverkkojen ja autoteollisuuden valmistajia.

Akkujen kunnostaminen takaisin käyttökelpoisiksi:

Vaihtohetkellä ja romutushetkellä osa sähköauton akuista voi olla vielä sen verran käyttökunnossa, että niille voisi etsiä uusiokäyttöä akkuina. Sen vuoksi laskimme kuvaan 31, kuinka suuri vuotuisesti Suomessa käytöstä poistettavien akkujen yhteenlaskettu lukumäärä voisi olla.



Kuva 31: Kunnostettavien akkujen lukumäärä ja varaus Suomessa; puolet poistuvista akuista.

Arvioimme kuvassa 31, että käytöstä poistettavista sähköautoista puolet akuista olisi kunnostettavissa ja toinen puoli menisi purkamoon kautta materiaalien kierrätykseen. Jos uusioakun keskimääräinen varausmäärä on 20 MWh, laskimme samaan kuvaan uusioakkujen yhteenlasketun varausmäärän vuodessa.

Luonnollisin käyttökohde uusioakuille on palauttaa ne sähköauton akuiksi. Autojen mallit kuitenkin muuttuvat, eivätkä ne ehkä enää sovi uusimpiin autoihin. Siksi pohdiskelimme seuraavaksi, mihin muuhun niitä voisi käyttää. Niiden yhteenlaskettu varausmäärä on kuitenkin voimaitoluokkaa.

Omakotitalon tai maatilain hajautettu sähköenergian varaaja:

Suomessa tällä hetkellä uusiutuvaa energiaa tuotetaan aurinkovoimalla, tuulivoimalla ja biovoimalla. Niiden tarvetta akuille on vaikea määrittää. Perinteinen sähköverkko sen sijaan on joka yö vajaakäytössä. Sen puskuroinnissa akkujen käyttö olisi ajan suhteen säännöllistä ja taloudellisesti hyödyllistä.

Omakotitalon tai maatilain sähkönkulutus on noin 10000...30000 kWh vuodessa. Sähkön hinta on yleensä yöllä alhaisempi kuin päivällä. Eräs vaihtoehto olisi rakentaa akuista asiakkaiden tiloihin sähköenergian varaaja. Periaatteessa on aivan sama, onko verkon yöllisen vajaakäytön puskurointi keskitetty voimalaitokseen tai hajautettu tilaajille.

Varaajan tavoitteena oletamme tässä esimerkiksi 8 tunnin kulutushuipun leikkaamisen. Silloin sen tulisi varata päivittäin sähköenergiaa 10...300 kWh. Varaaja tarvitsisi 1...15 akkua, jos akun keskimääräiseksi kooksi oletetaan 20 kWh. Varaajalle tulisi painoa noin 100...1500 kiloa. Käyttäjäksi voisi odottaa viisi vuotta. Huoltamalla akun ikää voi kasvattaa.

Toinen näkökulma olisi mitoittaa varaaja pelkästään häiriöttömän ja katkottoman sähkönsyö-

tön toteuttamiseen. Silloin riittäisi varaajan mitoittaminen poikkeustilanteen ajaksi. Se muistuttaa hiukan seuraavaa tapausta.

Omakotitalon tai maatilan rakentaminen hybriditaloksi sähköenergian käyttäjänä: Tulevaisuudessa voi yleistyä sähköenergian tuottaminen itse pienimuotoisesti aurinkovoimalla, tuulivoimalla tai biovoimalla. Haasteena on sähkön tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuus. Nykyaikainen talo ja maatila ovat myös siirtymässä laitteisiin, jotka tulee suojata sähkökatkoksilta.

Periaatteessa näihin molempiin tarpeisiin voisi soveltua uusioakuista tehty, katkeavan tai katkottoman tehonsyötön tarvitsema varaaja. Tunnin toimintaan pystyvä varaaja riittää, jos sen tukena on polttomoottorin pyörittämä generaattori. Koti tai maatila olisi hybriditalo sähkön kulutuksen suhteen.

Yhden tunnin varaajan tulisi olla 2...35 kWh. Se tarvitsisi 1...2 akkua, jos yhden akun varausmäärä on 20 kWh. Se voisi tarjota häiriöttömän sähkönsyötön tietoteknisille järjestelmille. Asennustavasta riippuen se tarjoaisi myös katkollisen tai katkottoman sähkönsyötön pitempien sähkökatkosten aikaan. Varaamalla riittävästi polttoainetta se voisi varautua esimerkiksi kuukauden pituiseen sähkökatkoon.

Litium-akkujen uusiokäyttö varaajassa edellyttää, että ratkaistaan litium-ioni-akkuihin liittyvä ylikuumentumisen ja syttymisen vaara. Sähköautossa siihen on jo kehitetty toimivia ratkaisuja: Akun kennojen jännitetasot tasataan sekä latauksen että purkamisen aikana. Jos akku siitä huolimatta kuumenee, sitä voidaan jäähdyttää. Pakkasella akun jäätyminen voidaan estää lämpöeristyksellä ja lämmityksellä. (2),(3)

Telelaitteiden ja palvelinhotellien laitetilojen akut:

Puhelinkeskukset ja matkapuhelinverkkojen tukiasemat ovat perinteisesti varautuneet sähkökatkoksiin lyijyakuilla. Puhelinkeskuksen tiloissa telelaitoksilla on nykyään joskus myös palvelinhotellin kaltaisia tietoteknisiä laitteita. Niiden korvaaminen sähköautojen akuilla säästäisi tilaa ja painoa.

Monilla yrityksillä on omia tietoverkkoja ja palvelintietokoneiden tiloja. Ne ovat yleensä varautuneet sähköverkon häiriöihin ja katkoksiin ainakin palvelimien osalta, jos ne ovat vain tukipalvelun asemassa. Jos tietoverkko ja sen palvelimet ovat yksi tuotantotekijä yrityksessä, koko tietoverkko päätelaitteineen ja palvelimineen yleensä suojataan häiriöiltä ja katkoksilta. Rakennuksen sisällä rakennetaan verkolle ja tietokoneille erillinen sähköenergian jakeluverkko. Sen yhteydessä katkottoman sähkönsyötön toteutus sähköauton akkuja käyttäen olisi periaatteessa mahdollista.

## Lähdeluettelo

1. Boxwell. The Electric Car Guide. ISBN 978-1-907670-21-3. Greenstream Publishing. 2012.
2. CENELEC. Charging of electric vehicles.  
<ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Transport/Automobile/EVReportOctober.pdf>
3. CENELEC. Electric Vehicles. Hot Topics.  
<http://www.cencenelec.eu/standards/HotTopics/ElectricVehicles/Pages/default.aspx>
4. Ensto. Ensto Chago – lataa ja aja! [http://www.ensto.com/fi/uutishuone/uutiset/etusi-vu/101/o/ensto\\_chago\\_-\\_lataa\\_ja\\_aja](http://www.ensto.com/fi/uutishuone/uutiset/etusi-vu/101/o/ensto_chago_-_lataa_ja_aja)
5. Grönnbil. Nissan McDonald's og Fortum samarbeider. <http://www.gronnbil.no/nyheter/nissan-mcdonald-s-ogfortum-samarbeider-om-aa-bygge-ut-nordisk-hurtigladernettnet-ve-for-elbiler-article306-239.html>
6. Jääskeläinen. Sähköautojen tulevaisuus Suomessa, Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2011. ISBN 978-952-243-221-
7. Kalenoja. Oulun seudun liikennetutkimus 2009, Yhteenvetoraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. 2010.
8. Kiiskilä. Liikkuminen vapaa-ajalla. Tutkimusraportti. Destia Oy. [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201142-vliikkuminen\\_vapaa-ajalla.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201142-vliikkuminen_vapaa-ajalla.pdf). 2011.
9. Larminie. Electric Vehicle Technology Explained. ISBN 97881119942733. Wiley. 2012.
10. Malmari. Sähköautojen ja hybridien tekniikkaa . AEL Oy. [http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/images/nsf/files/2A2079910E618EE9C22579210029F8A8/\\$file/4.10.%20Malmari\\_1.pdf](http://www.pelastusopisto.fi/pelastus/images/nsf/files/2A2079910E618EE9C22579210029F8A8/$file/4.10.%20Malmari_1.pdf). 2013.
11. Motiva Oy. Kotisivu. [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi) <http://www.motiva.fi/liikenne/>
12. Papp. Sähköpolkupyörä. Opinnäytetyöraportti. Lahden amk. 2012.
13. Peltonen. Sähköajoneuvot Suomessa. Työryhmämietintö 6.8.2009. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. 2009.
14. Rosvall. Täyssähköautolla Suomesta Münchenin sähköautomessuille sekä edelleen Dolomiiteille Italian lumiseen vuoristoon. [www.sahkotaksi.fi](http://www.sahkotaksi.fi)
15. SFS 6000-7-722. Piensähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Sesko. 13.8.2012.
16. Sesko. Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. [www.sesko.fi](http://www.sesko.fi)
17. Sesko. Sähköautoon liittyvä standardisointi. [www.sesko.fi](http://www.sesko.fi)

18. Seppälä. Sähköautojen akkujen kemia. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 2011.
19. Sähköautot – Nyt!. <http://www.sahkoautot.fi/start>
20. Tekes. EVE. <http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE>
21. TraFi. Liikenteen turvallisuusvirasto. Ajoneuvoluokat. <http://www.trafi.fi/tieliikenne/kat-sastukset/ajoneuvoluokat>
22. TraFi Liikenteen turvallisuusvirasto. Sähköauton kustannukset ja verotus. <http://www.trafi.fi/tieliikenne>
23. WikiPedia. 10 mode / 10-15 Mode (1983) / JCo8 (2008). [http://en.wikipedia.org/wiki/Driving\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Driving_cycle)
24. WikiPedia. EPA Federal Test Procedure, USA, <http://en.wikipedia.org/wiki/FTP-75>
25. WikiPedia. Hybridiauto. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hybridiauto>
26. WikiPedia. New European Driving Cycle 1990 [http://en.wikipedia.org/wiki/New\\_European\\_Driving\\_Cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle)
27. WikiPedia. Plug-in hybridiauto. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Plug-in-hybridiauto>
28. WikiPedia. Polttokennoauto. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Vetyauto>
29. WikiPedia. Sähköauto. <http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6auto>
30. WikiPedia. Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures. [http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_Light\\_Test\\_Procedure](http://en.wikipedia.org/wiki/World_Light_Test_Procedure). 2013.
31. WintEVE. Heikkilä. Pikalataustekniikat ja teholähteet. Tutkimusraportti. <http://www.winteve.fi>
32. WintEVE. Kotisivu. <http://winteve.fi/>
33. WintEVE. Kurki. Huollon tukipalvelut ja koulutustarpeet – Sähköautot. Tutkimusraportti. <http://www.winteve.fi>
34. WintEVE. Nokela. Norjan matkakertomus. <http://www.winteve.fi>. 2012
35. WWW. Citroën. Kotisivu. [www.citroen.fi](http://www.citroen.fi)
36. WWW. Fisker Karma suunnittelija. Kotisivu.. <http://onward.fiskerautomotive.com/en-us>.
37. WWW. Fisker Karma valmistaja. Kotisivu. <http://www.valmet-automotive.com>,
38. WWW. Mercedes Benz maahantuojat. Kotisivu. <http://www.veho.fi>

39. WWW. Mitsubishi i-MiEV Kotisivu. [www.mitsubishi.com](http://www.mitsubishi.com), [www.mitsubishi.fi](http://www.mitsubishi.fi).
40. WWW. Nissan. Kotisivu. [www.nissan.fi](http://www.nissan.fi).
41. WWW. Opel. Kotisivu. [www.opel.fi](http://www.opel.fi).
42. WWW. Peugeot. Kotisivu. [www.peugeot.fi](http://www.peugeot.fi).
43. WWW. Renault ZOE. Kotisivu. [www.renault.com](http://www.renault.com)
44. WWW. Renault talvitesti. <http://blog.renault.com/en/2012/08/17/renault-zoe-confidential-3-cold-weather-tests/>
45. WWW. Sanifer. Kotisivu. <http://www.amcmotors.fi>.
46. WWW. Toyota. Kotisivu. <http://www.toyota.fi>
47. WWW. Volkswagen. Kotisivu. [www.volkswagen.fi](http://www.volkswagen.fi).
48. WWW. Volvo V60 Plug-in Hybrid. Kotisivu. [www.volvo.fi](http://www.volvo.fi)




## SÄHKÖAUTON MYYJÄN OPAS


Sähköautojen ja sähköpolkupyörien valmistus Suomessa tulisi saada käyntiin vuoteen 2020 mennessä. Sähköajoneuvojen myyntiä ja huoltoa varten voisi kehittää palveluja. Julkisia latauspalveluita voisi kehittää kauppojen, pysäköintihallien ja huoltoasemien yhteyteen. Pelastuspalveluihin liittyviä toimintoja voisi kehittää, jotta suurjännitteisiä sähköautoja osataan käsitellä pelastustilanteissa.

Liikenne- ja viestintäministeriö tukee yrityksiä, jotka osallistuvat sähköajoneuvojen ja latauspalveluiden kehittämiseen. Se on nimennyt TEM-tuen piiriin kuuluvat sähköajoneuvot.

Tekesin rahoittamassa EVE-hankkeessa käsitellään vain TEM-tuettuja ajoneuvoja. Nimestään huolimatta tämä opas esittelee sähköpolkupyörän ja sähköauton lisäksi niihin liittyviä erilaisia liiketoiminnan mahdollisuuksia.

 C, Centria tutkimus ja kehitys - forskning och utveckling, 7

 ISBN 978-952-6602-56-1

 ISSN 2341-7846